



**SKRIPSI - 141501**

**PERANCANGAN KOORDINASI PROTEKSI PADA SISTEM  
KELISTRIKAN DI PERENCANAAN KAPAL *CEMENT CARRIER***

**Nabil Putra Hisyam  
4213100067**

**Dosen Pembimbing :  
Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



**THESIS - 141501**

**THE DESIGN OF ELECTRICITY SYSTEM PROTECTION  
COORDINATION ON CEMENT CARRIER SHIP PLANNING**

**Nabil Putra Hisyam  
4213100067**

**Supervisor :  
Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LEMBAR PENGESAHAN

### Perancangan Koordinasi Proteksi Pada Sistem Kelistrikan Di Perencanaan Kapal *Cement Carrier*

#### Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automatical System* (MEAS)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Nabil Putra Hisyam**  
**NRP. 4213 100 067**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

1. Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.  
NIP : 1979 0327 2003 12 1001



**SURABAYA**  
**Juli, 2016**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LEMBAR PENGESAHAN

### Perancangan Koordinasi Proteksi Pada Sistem Kelistrikan Di Perencanaan Kapal *Cement Carrier*

#### Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada


Bidang Studi *Marine Electrical and Automatical System (MEAS)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Nabil Putra Hisyam**  
**NRP. 4213 100 067**

Disetujui oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



**Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.**  
**NIP. 1977 0802 2008 01 1007**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



# **PERANCANGAN KOORDINASI PROTEKSI PADA SISTEM KELISTRIKAN DI PERENCANAAN KAPAL *CEMENT CARRIER***

**Nama Mahasiswa** : Nabil Putra Hisyam  
**NRP** : 4213 100 067  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.

## **ABSTRAK**

Kapal merupakan salah satu alat transportasi yang mulai banyak digunakan di seluruh dunia. Salah satu sistem penting yang menunjang operasional kapal ialah sistem kelistrikan. Agar sistem kelistrikan berjalan dengan aman dan optimal dari gangguan, maka diperlukan koordinasi proteksi yang handal supaya menjaga kelangsungan kapal tersebut sehingga dapat terus beroperasi tanpa terkendala gangguan pada sistem kelistrikan, terutama gangguan hubungan singkat. Pada skripsi ini dirancang pengaturan koordinasi proteksi pada perencanaan kapal cement carrier sehingga didapat koordinasi proteksi yang mampu bekerja dengan baik disegala kondisi (berlayar, *maneuvering*, dan bongkar muat, serta tambat) saat kapal beroperasi.

***Kata Kunci:*** Koodinasi Proteksi, Sistem kelistrikan Kapal, Gangguan Hubungan Singkat

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **THE DESIGN OF ELECTRICITY SYSTEM PROTECTION COORDINATION ON CEMENT CARRIER SHIP PLANNING**

**Name** : Nabil Putra Hisyam  
**NRP** : 4213 100 067  
**Department** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Supervisor** : Indra ranu Kusuma, S.T., M.Sc.

## **ABSTRACT**

The ship is one of the most widely used transportation vehicles around the world. One of the important systems that support ship operations is the electrical system. In order for the electrical system to run safely and optimally from breakdown. In order to maintain the continuity of the ship so it can continue to operate without having any problems on the electrical system, especially short-circuit fault. It must have a reliable system for coordination protection. In this thesis is designed coordination of protection on cement carrier ship planning so that got coordination of protection that can work well in all condition (sailing, maneuvering, and loading and unloading, and mooring) when ship operates.

***Keyword : Coordination Protection, Ship Electrical System, Short-Circuit Fault***

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, memuji, memohon pertolongan dan meminta ampun kepada-Nya. *Alhamdulillahirabbil Alaamiin*. Atas berkat rahmat Allah yang Maha Kuasa, penulis panjatkan puji dan syukur telah terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Perancangan Koordinasi Proteksi Pada Sistem Kelistrikan Di Perencanaan Kapal Cement Carrier”** dengan baik tepat pada waktunya.

Penulisan skripsi ini disusun guna menyelesaikan salah satu dari beban satuan kredit semester (SKS) dan memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih atas kasih sayang dan dukungan moral serta material kepada kedua orang tua penulis beserta keluarga tercinta. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat dicantumkan satu persatu. Khususnya kepada beberapa pihak berikut ini:

1. Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc. sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan selama proses penelitian ini.
2. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. sebagai Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Segenap keluarga, terutama Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberi dukungan, semangat dan doa untuk keberhasilan putra tercintanya.
4. Kepada Abu Bakar Ash Shiddiq, Aufa Yusuf Perdana, Ayyub Dhimastara Aji, dan Prima Permata Lusiana yang memberikan semangat dan doa untuk penulis agar menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
5. Kepada Mayang Krisna W, Fathia Fauziah A, Rizqiyah A, Paramitha S, Balqis S, Riantini Karmina, Edo Legowo, Rizky P, Kaafin Naufal, M. Adi N, I gde Manik, dan Faisal Ridho yang selalu memberikan semangat untuk berjuang menyelesaikan tugas akhir agar menjadi wisudawan 116 bersama-sama.
6. Azmi wicaksono, Aulia Rahman, dan Muhamad serta teman-teman dari Departemen Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan tentang pemahaman perangkat lunak ETAP.
7. Seluruh teman-teman BARAKUDA 13 mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS angkatan 2013 yang telah bersama-sama berjuang dalam menempuh sarjana teknik.
8. Teman dan Kakak dari anggota Laboratorium Marine Electrical and Automatical System Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS yang telah menemani, memotivasi, dan memberikan ilmu serta pengetahuan tentang materi penelitian ini.
9. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memberikan fasilitas dalam penyelesaian skripsi ini.

Demikian besar harapan penulis atas hasil dari skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya serta dapat bermanfaat bagi adik-adik tingkat dalam penyelesaian tugas skripsi kedepannya sebagai bahan referensi. Mohon maaf penulis sampaikan apabila ada kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Koreksi dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan dalam penyempurnaan skripsi ini.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Dan Pembatasan Masalah .....	1
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Gangguan Hubungan Singkat .....	3
2.1.1 Hubungan Singkat Tiga Fasa .....	3
2.1.2 Hubungan Singkat Antar Fasa .....	4
2.1.3 Hubungan Singkat Satu Fasa Ke Netral .....	4
2.2 Peralatan Pengaman Pada Sistem Kelistrikan .....	4
2.2.1 Konsep Daerah Pengaman .....	4
2.2.2 <i>Circuit Breaker</i> .....	5
2.3 Hasil Dari Penelitian Sebelumnya .....	6
2.3.1 KOORDINASI PENEMPATAN PERALATAN PROTEKSI JENIS ARUS LEBIH (OCR) DAN PELEBUR (FCO) DI PENYULANG 20 kV DARI GI 150/20 kV MRICA BANJARNEGARA .....	7
BAB III METODE PENELITIAN .....	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	11
4.1 Data Kapal .....	11
4.2 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Setiap Bus .....	11
4.2.1 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB .....	11
4.2.2 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem .....	14
4.2.3 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus FO Sistem .....	17
4.2.4 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus LO Sistem .....	20
4.2.5 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem .....	22
4.2.6 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus Bongkar Muat .....	25
4.2.7 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus <i>Deck Macinery</i> .....	28
4.2.8 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus EGSB .....	31
4.3 Analisis Koordinasi Pengaman .....	33
4.3.1 Analisis Skenario 1 .....	34
4.3.2 Analisis Skenario 2 .....	37
4.3.3 Analisis Skenario 3 .....	39
4.3.4 Analisis Skenario 4 .....	41
4.3.5 Analisis Skenario 5 .....	43

4.3.6 Analisis Skenario 6 .....	44
4.3.7 Analisis Skenario 7 .....	47
BAB V PENUTUP .....	49
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	51
LAMPIRAN	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Konsep Daerah Pengaman .....	5
Gambar 2. Flowchart Metode Penelitian .....	10
Gambar 3. <i>Single Line</i> Skenario 1 .....	34
Gambar 4. Koordinasi Proteksi Pada Skenario 1 .....	35
Gambar 5. Kurva Pengaturan Skenario 1.....	36
Gambar 6. <i>Single Line</i> Scenario 2 .....	37
Gambar 7. Koordinasi Proteksi Pada Skenario 2 .....	37
Gambar 8. Kurva Pengaturan Scenario 2 .....	38
Gambar 9. <i>Single Line</i> Skenario 3 .....	39
Gambar 10. Koordinasi Proteksi Pada Skenario 3 .....	39
Gambar 11. Kurva Pengaturan Skenario 3 .....	40
Gambar 12. <i>Single Line</i> Scenario 4 .....	41
Gambar 13. Koordinasi Proteksi Pada Scenario 4 .....	41
Gambar 14. Kurva Pengaturan Scenario 4 .....	42
Gambar 15. <i>Single Line</i> Scenario 5 .....	43
Gambar 16. Koordinasi Proteksi Pada Scenario 5 .....	43
Gambar 17. Kurva Pengaturan Scenario 5 .....	44
Gambar 18. <i>Single Line</i> Scenario 6 .....	45
Gambar 19. Koordinasi Proteksi Pada Scenario 6 .....	45
Gambar 20. Kurva Pengaturan Scenario 6 .....	46
Gambar 21. <i>Single Line</i> Scenario 7.....	47
Gambar 22. Koordinasi Proteksi Pada Scenario 7.....	47
Gambar 23. Kurva Pengaturan Scenario 7 .....	48

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB .....	11
Tabel 2. Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB (lanjutan).....	12
Tabel 3. Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB (lanjutan) .....	13
Tabel 4. Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB (lanjutan) .....	14
Tabel 5. Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem .....	14
Tabel 6. Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem (lanjutan) .....	15
Tabel 7. Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem (lanjutan) .....	16
Tabel 8. Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem (lanjutan) .....	17
Tabel 9. Arus Hubungan Singkat Pada Bus FO Sistem .....	17
Tabel 10. Arus Hubungan Singkat Pada Bus FO Sistem (lanjutan) .....	18
Tabel 11. Arus Hubungan Singkat Pada Bus FO Sistem (lanjutan) .....	19
Tabel 12. Arus Hubungan Singkat Pada Bus LO Sistem .....	20
Tabel 13. Arus Hubungan Singkat Pada Bus LO Sistem (lanjutan) .....	21
Tabel 14. Arus Hubungan Singkat Pada Bus LO Sistem (lanjutan) .....	22
Tabel 15. Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem .....	22
Tabel 16. Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem (lanjutan) .....	23
Tabel 17. Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem (lanjutan) .....	24
Tabel 18. Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem (lanjutan) .....	25
Tabel 19. Arus Hubungan Singkat Pada Bus Bongkar Muat .....	25
Tabel 20. Arus Hubungan Singkat Pada Bus Bongkar Muat (lanjutan) .....	26
Tabel 21. Arus Hubungan Singkat Pada Bus Bongkar Muat (lanjutan) .....	27
Tabel 22. Arus Hubungan Singkat Pada Bus Bongkar Muat (lanjutan) .....	28
Tabel 23. Arus Hubungan Singkat Pada Bus <i>Deck Machinery</i> .....	28
Tabel 24. Arus Hubungan Singkat Pada Bus <i>Deck Machinery</i> (lanjutan) .....	29
Tabel 25. Arus Hubungan Singkat Pada Bus <i>Deck Machinery</i> (lanjutan) .....	30
Tabel 26. Arus Hubungan Singkat Pada Bus EGSB .....	31
Tabel 27. Arus Hubungan Singkat Pada Bus EGSB (lanjutan) .....	32
Tabel 28. Arus Hubungan Singkat Pada Bus EGSB (lanjutan) .....	33

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kapal merupakan salah satu alat transportasi yang mulai banyak digunakan di seluruh dunia. Pada sebuah kapal banyak sistem-sistem pendukung yang menunjang kebutuhan operasional kapal tersebut. Salah satu sistem penting yang menunjang operasional kapal ialah sistem kelistrikan.

Di dalam sistem kelistrikan banyak sekali ditemukannya gangguan. Gangguan dalam sistem kelistrikan adalah keadaan tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya palayanan tenaga listrik secara terus-menerus (Nurdin, 2014). Salah satu gangguan yang memerlukan adanya pengamanan lebih lanjut ialah gangguan hubungan singkat.

Gangguan hubung singkat adalah salah satu gangguan yang bisa terjadi di sistem tenaga listrik. Hubungan singkat adalah hubungan konduksi sengaja atau tidak sengaja melalui hambatan atau impedansi yang cukup rendah antara dua atau lebih titik yang dalam keadaan normalnya mempunyai beda potensial (IEC 60909). Beberapa penyebab dari hubung singkat diantaranya adalah hubungan kontak langsung dengan konduktor bertegangan, temperatur berlebih karena adanya arus berlebih (*overload*), dan pelepasan (*discharge*) elektron yang merusak karena tegangan berlebih, serta busur (*arcing*) karena pengembunan bersama dengan udara, terutama pada isolator. Masalah hubungan singkat ini dapat diatasi dengan menggunakan sistem koordinasi proteksi.

Sistem koordinasi proteksi bertujuan untuk mengantisipasi adanya gangguan pada sistem kelistrikan, yang mana dapat merusak sistem tersebut. Apabila sistem koordinasi proteksi gagal dalam mengatasi adanya gangguan yang ada, oleh karena itu sistem koordinasi harus diatur sedemikian rupa agar sistem kelistrikan mampu berjalan dengan optimal. Dengan sistem koordinasi proteksi yang tepat dan handal maka saat sistem kelistrikan mengalami gangguan seperti hubung singkat, gangguan tersebut dapat segera diisolir dari sistem sehingga sistem tetap mampu beroperasi dengan baik tanpa menimbulkan resiko gangguan terhadap kapal. Hal inilah yang menjadikan dasaran perlu adanya studi tentang sistem koordinasi proteksi.

### **1.2 Perumusan Dan Pembatasan Masalah**

Beberapa permasalahan yang menjadi bahan kajian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa arus hubungan singkat pada setiap bus dalam sistem kelistrikan di kapal?
2. Bagaimana *setting circuit breaker* yang tepat untuk mengamankan sistem?

Batasan masalah pada penelitian ini kali ini adalah:

1. Analisa hanya difokuskan pada pengaturan circuit breaker dan bagaimana kerja koordinasi dari circuit breaker tersebut.
2. Simulasi hanya menggunakan *software* ETAP
3. Tidak menganalisa dari segi ekonomi

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui seberapa besar arus hubungan singkat pada setiap bus dalam sistem kelistrikan kapal
2. Mengetahui *setting circuit breaker* agar sistem tetap aman dan dapat berjalan optimal

### 1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai studi lebih lanjut pada sistem koordinasi proteksi pada kapal. Sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gangguan Hubungan Singkat

Gangguan hubungan singkat dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu: gangguan hubung singkat simetri, dan tidak simetri (asimetri). Gangguan ini dapat menyebabkan mengalirnya arus lebih pada fasa yang terganggu. Selain itu, gangguan ini juga dapat menimbulkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak mengalami gangguan. Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik merupakan gangguan tidak simetri (asimetri).

Analisa hubungan singkat yang dipakai di berbagai bidang seperti sistem utility, sistem kelistrikan industri, sistem kelistrikan auxiliary pada pembangkit maupun pada sistem kelistrikan pada kapal. Analisa hubung singkat ini berfungsi untuk mengetahui dan menentukan nilai rating peralatan dan sebagai acuan terhadap koordinasi proteksi. Adapun cara untuk mengoreksi keamanan dari peralatan ini digunakan analisa dan perhitungan arus hubung singkat maksimum. Sedangkan, perhitungan arus hubung singkat minimum berfungsi untuk perhitungan guna mendapatkan nilai setting pengaman arus lebih. (Asri dkk, 2014)

Gangguan arus lebih pada generator sering kali terjadi akibat adanya hubung singkat. Pada saat ini generator telah dibuat sedemikian rupa sehingga mampu bertahan terhadap adanya arus lebih, meskipun tidak terlalu lama. Setingan waktu tunda (*time delay*) dari *pengaman* harus mempertimbangkan kemampuan generator untuk bertahan terhadap kondisi hubung singkat yang terjadi di generator. Sebagaimana diketahui bahwa pada saat terjadi hubung singkat, ada tiga kondisi arus atau reaktansi yang ada pada generator, yaitu arus sub peralihan (subtransient), arus peralihan (transient), arus tetap (*steady state*). Oleh karena itu, setingan arus dan waktu tunda hendaknya juga mempertimbangkan kondisi-kondisi tersebut.

Penyetelan arus hendaknya juga mempertimbangkan kondisi - kondisi tersebut. Penyetelan arus hendaknya lebih besar dari nilai arus nominal generator sehingga memungkinkan generator mampu menahan beban lebih untuk beberapa detik. Hal yang penting untuk pengaman generator terhadap arus lebih adalah adanya koordinasi pengaman, baik besaran arus maupun waktu tundanya (*time delay*). Disamping itu perlu pertimbangan juga adanya pengaman cadangan (*back up*) pada generator. (Januarizki, 2016)

#### 2.1.1 Hubungan Singkat Tiga Fasa

Hubungan singkat ini melibatkan ketiga fasa. Arus hubungan singkat tiga fasa ( $I_{sc3\phi}$ ) diberikan oleh persamaan berikut:

$$I_{sc3\phi} = \frac{V_{LL}}{X_1} \dots (1)$$

Dimana  $V_{LL}$  adalah tegangan nominal line to line, dan  $X_1$  adalah reaktansi urutan positif



### 2.1.2 Hubungan Singkat Antar Fasa

Hubungan singkat ini terjadi antara dua fasa tanpa terhubung ke netral. Arus hubungan singkat antar fasa ( $I_{sc2\phi}$ ) diberikan oleh persamaan berikut:

$$I_{sc2\phi} = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2}, \text{ asumsi } X_1 = X_2$$

Sehingga persamaannya menjadi:

$$I_{sc2\phi} = \frac{\sqrt{3} \times V_{LL}}{2 \times X_1}$$

$$I_{sc2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{sc3\phi} \sim 0.866 \times I_{sc3\phi} \dots (2)$$

### 2.1.3 Hubungan Singkat Satu Fasa Ke Netral

Hubungan singkat ini terjadi antara satu fasa dengan netral ( $I_{sc1\phi}$ ) diberikan oleh persamaan berikut:

$$I_{sc1\phi} = \frac{V_{LL}/\sqrt{3}}{Z_{SC} + Z_{LN}} \dots (3)$$

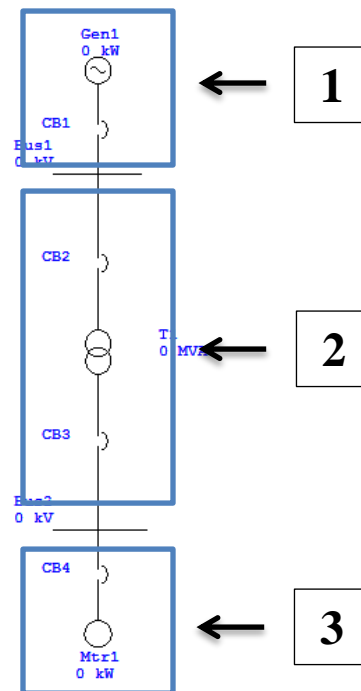
Dimana  $V_{LL}$  adalah tegangan antar fasa yang akan direpresentasikan ke bentuk  $V_{LN}$ , dengan  $Z_{LN}$  adalah impedansi netral dan  $Z_{SC}$  merupakan impedansi pada fasa yang terkena gangguan.

## 2.2 Peralatan Pengaman Pada Sistem Kelistrikan

Gangguan pada sistem kelistrikan akan memberikan dampak yang besar pada peralatan, mulai dari rusaknya peralatan dan terjadinya gangguan suplai daya ke beban. Untuk itu sistem kelistrikan perlu dirancang dengan baik agar handal dan aman dari gangguan.

### 2.2.1 Konsep Daerah Pengaman

Untuk mengamankan sebuah sistem harus diperhatikan mengenai batas daerah mana yang akan diamankan, sehingga suatu sistem pengaman akan memberikan respon terhadap gangguan yang terjadi pada sekitar daerah yang terkena gangguan. (Nashrudin, 2010)



**Gambar 1.** Konsep Daerah Pengaman

Gambar di atas menunjukkan pembagian sistem tenaga listrik ke dalam 3 daerah perlindungan, masing-masing daerah memiliki rangkaian pemutus. Adapun pembagian daerah perlindungan dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Daerah satu merupakan daerah pengaman generator
2. Daerah dua adalah daerah pengaman transformator
3. Daerah tiga adalah daerah pengaman beban

Setiap daerah menentukan bagian dari sistem kelistrikan dalam melindungi gangguan.

### 2.2.2 *Circuit Breaker*

Circuit breaker merupakan peralatan yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal atau gangguan seperti hubungan singkat. Nashrudin, 2010)

Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi gangguan (hubungan singkat) pada peralatan. Penggunaan *circuit breaker* untuk mengamankan sistem kelistrikan di menggunakan jenis *circuit breaker* yaitu LVCB (*low voltage circuit breaker*).

## **2.3 Hasil Dari Penelitian Sebelumnya**

### **2.3.1 KOORDINASI PENEMPATAN PERALATAN PROTEKSI JENIS ARUS LEBIH (OCR) DAN PELEBUR (FCO) DI PENYULANG 20 kV DARI GI 150/20 kV MRICA BANJARNEGARA**

Dalam koordinasi pengaman pada sebuah jaringan, hal yang juga perlu diperhatikan adalah kemampuan CB dalam bekerja. Karena apabila CB tidak bekerja dengan baik, maka akan menimbulkan kerusakan pada peralatan dan konduktor disekitarnya. Pada umumnya disaat terjadi hubung singkat dalam sebuah jaringan agar tidak terjadi kerusakan pada peralatan dan konduktor, maka CB harus bekerja atau membuka lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus. Oleh karena itu, dalam pemasangan CB harus diperhatikan dengan baik terhadap kemampuan CB disaat terjadi hubung singkat. (Nugroho dkk, 2014)

### **BAB III**

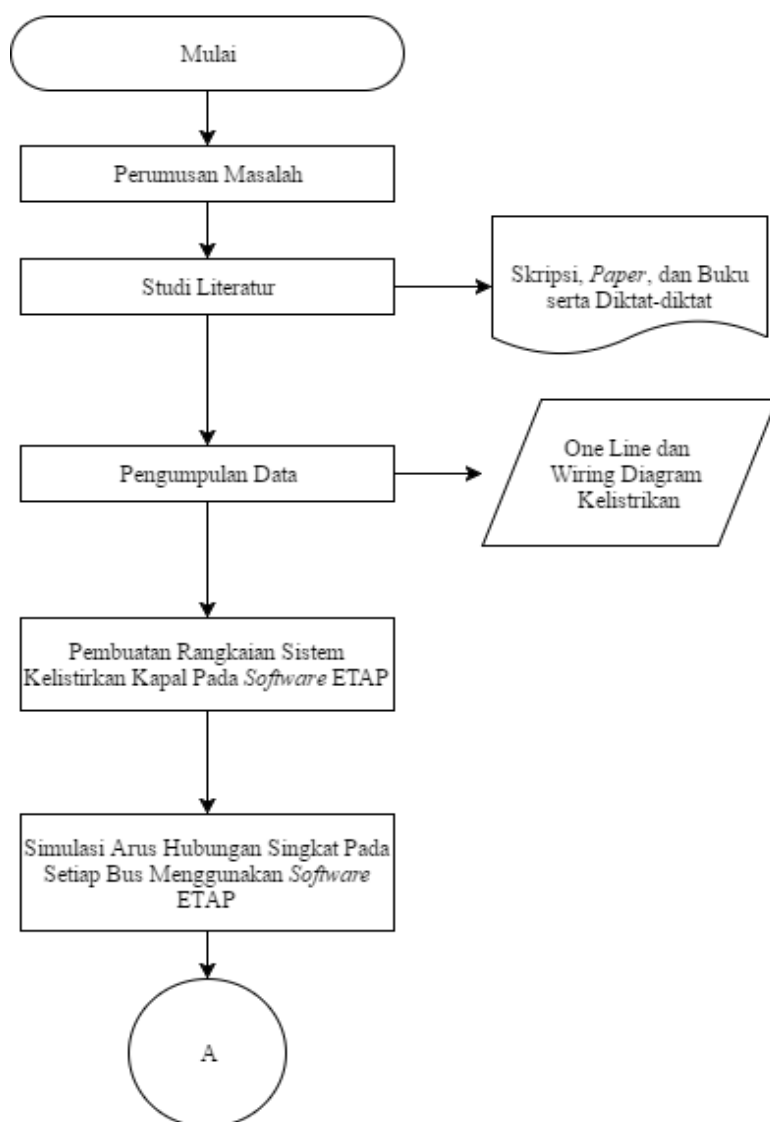
### **METODE PENELITIAN**

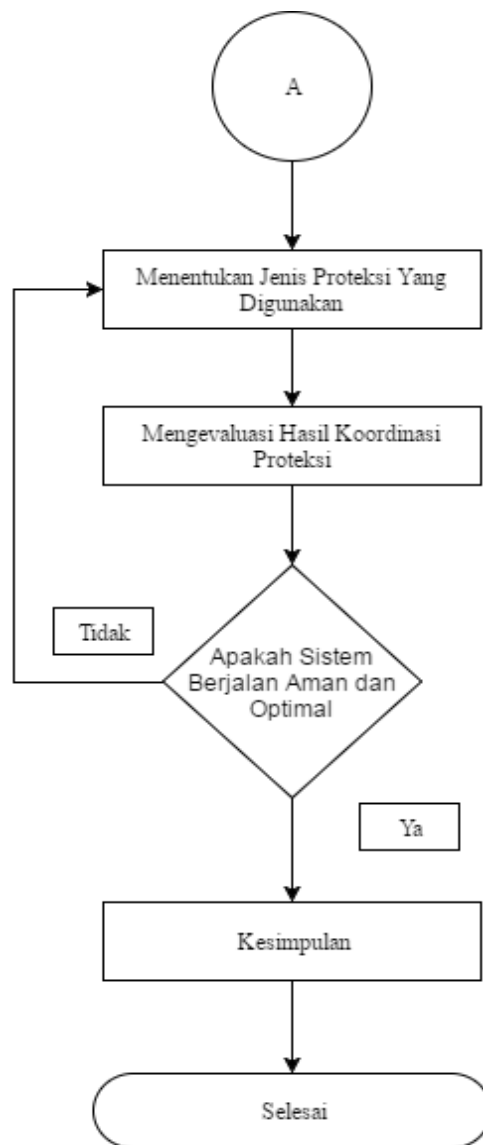
Dalam pembuatan tugas akhir ini, tentu saja memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut haruslah ada, agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Secara umum metodologi pada tugas akhir ini terdiri dari perhitungan, perancangan sistem dan simulasi sistem koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan kapal. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :

1. Perumusan Masalah  
Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi untuk menentukan perumusan masalah apa saja yang akan diambil. Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan tugas akhir. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam tugas akhir. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa tugas akhir ini dikerjakan dapat diketahui. Dalam tugas akhir ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah perancangan sistem koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan kapal.
2. Studi Literatur  
Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah mengumpulkan bahan pustaka yang terkait dengan pengerjaan tugas akhir sebagai referensi dan acuan dalam pengerjaan. Agar nantinya dalam pengerjaan tugas akhir tidak terjadi kesamaan pengerjaan pada penelitian-penelitian sebelumnya.
3. Pengumpulan Data  
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data berupa informasi mengenai data kapal yang akan digunakan sebagai objek penelitian meliputi dimensi kapal, *one line and wiring diagram*, serta list peralatan listrik pada kapal.
4. Pembuatan Rangkaian Sistem Kelistrikan Kapal Menggunakan Software ETAP  
Pada tahap ini akan dibuat rangkain sistem kelistrikan kapal dari data-data yang sudah didapat. Data-data yang digunakan untuk membuat rangkain sistem kelistrikan di kapal berupa beban-beban yang digunakan pada kapal tersebut.
5. Simulasi Arus Hubungan Singkat pada Setiap Bus Menggunakan Software ETAP  
Setelah rangkaian sistem kelistrikan pada kapal telah dibuat. Maka pada tahap ini dilakukan uji coba simulasi arus hubungan singkat pada setiap bus yang ada.

6. Menentukan Proteksi yang Digunakan sehingga Sistem Berjalan Aman dan Optimal  
Pada tahap ini proteksi akan dipilih guna memenuhi kebutuhan proteksi pada sistem kelistrikan kapal sehingga sistem berjalan aman dan optimal.
7. Mengevaluasi Hasil Koordinasi Proteksi  
Pada tahap ini proteksi yang digunakan pada sistem kelistrikan kapal akan dievaluasi. Tujuannya agar mengetahui sistem telah berjalan dengan aman dan optimal.
8. Kesimpulan dan Saran  
Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan keseluruhan proses yang telah dilakukan sebelumnya serta memberikan jawaban atas permasalahan yang ada. Saran-saran diberikan berdasarkan hasil dari analisis yang dapat dijadikan dasar pada penelitian selanjutnya, baik terkait secara langsung pada penelitian ini ataupun pada data-data dan metodologi yang nantinya akan direferensi.

## Alur Pengerjaan Tugas Akhir





**Gambar 2.** Flowchart Metode Penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis membahas tentang analisa dan pembahasan mengenai analisa perancangan koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan di perencanaan kapal cement carrier. Penulis pertama-tama membuat *one line* diagram berdasarkan data desain kapal menggunakan software ETAP 12.6. dengan software ETAP dapat dianalisis dengan mendesain sistem, operasi, dan otomatisasi generasi distribusi dalam sistem kelistrikan. Setelah dilakukan pemodelan *one line* diagram langkah selanjutnya melakukan simulasi aliran daya dan hubungan singkat.

Simulasi hubungan singkat yang dilakukan adalah simulasi hubungan singkat minimum dan hubungan singkat maksimum. Arus yang mengalir pada sistem kelistrikan yang didapat dari hasil simulasi aliran daya digunakan sebagai acuan dalam pemilihan pengaman.

### 4.1 Data Kapal

Adapun data utama kapal yang dipakai sebagai objek penelitian adalah:

Nama Kapal	: MV. Ark
Jenis Kapal	: Cement Carrier
LPP	: 105.8 m
LWL	: 108.85 m
B	: 16.8 m
H	: 8.5 m
T	: 6.487 m
DWT	: 4188
Kecepatan	: 15 knots
Rute Pelayaran	: Jakarta – Samarinda

### 4.2 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Setiap Bus

Besar nilai arus hubungan singkat yang diperoleh dari hasil simulasi hubungan singkat digunakan untuk menentukan *setting* pengaman, kemampuan *switchgear* sesaat dalam menahan arus hubungan singkat maksimum. Berikut ini adalah data besar arus hubungan singkat pada perancangan sistem kelistrikan kapal *cement carrier*.

#### 4.2.1 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB

Tabel 1. Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
1	Generator 1	2,07	2,07	2,07	2,07
2	Generator 2	2,07	2,07	2,07	2,07



Tabel 2. Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
3	Generator 3	-	-	2,07	-
4	GS Pump	-	-	-	-
5	Ballast Pump	-	-	0,265	-
6	Fire Pump	-	-	-	-
7	Bilge Pump	-	-	-	-
8	Oily Water Separator	0,067	0,067	0,067	0,067
9	Air Compressor 1	0,025	0,025	0,025	0,025
10	Air Compressor 2	-	-	-	-
11	Oily Bilge Pump	0,011	0,011	0,011	0,011
12	MDO Separator 1	0,073	0,073	0,073	0,073
13	MDO Separator 2	-	-	-	-
14	MDO Transfer Pump 1	0,05	0,05	-	-
15	MDO Transfer Pump 2	-	-	-	-
16	MDO Circulating Pump 1	0,022	0,022	0,022	0,022
17	MDO Circulating Pump 2	-	-	-	-
18	LO Transfer Pump	0,073	0,073	-	-

Tabel 3. Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
19	LO Separator	0,073	0,073	0,073	0,073
20	LO Standby Pump	-	-	0,058	-
21	LO Separator Pump	0,022	0,022	0,022	0,022
22	SW Cooling Pump 1	0,185	0,185	0,185	0,185
23	SW Cooling Pump 2	-	-	-	-
24	LT Standby Pump	-	-	-	-
25	HT Standby Pump	-	-	-	-
26	HT Preheating Pump	0,012	0,012	-	-
27	CO Transfer Pump	0,012	0,012	0,012	0,012
28	Cargo Crane	-	-	0,544	-
29	Screw Conveyor 1	-	-	0,066	-
30	Screw Conveyor 2	-	-	0,066	-
31	Screw Conveyor 3	-	-	0,066	-
32	Screw Conveyor 4	-	-	0,066	-

Tabel 4. Arus Hubungan Singkat Pada Bus MSB (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
33	Screw Conveyor 5	-	-	0,066	-
34	Windlass 1	-	-	-	0,352
35	Windlass 2	-	-	-	-
36	Capstan 1	-	-	0,252	-
37	Capstan 2	-	-	0,252	-
38	Provision Crane	-	-	0,218	-
39	Engine Room Supply Fan	0,612	0,612	0,612	0,612
40	Steering Gear	0,119	0,119	0,119	0,119
41	Engine Room Exhaust Fan	0,011	0,011	0,011	0,011
	<b>TOTAL</b>	<b>5,107</b>	<b>5,107</b>	<b>10,361</b>	<b>5,424</b>

#### 4.2.2 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem

Tabel 5. Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
1	Generator 1	2,07	2,07	2,07	2,07
2	Generator 2	2,07	2,07	2,07	2,07
3	Generator 3	-	-	2,07	-
4	GS Pump	-	-	-	-
5	Ballast Pump	-	-	0,265	-
6	Fire Pump	-	-	-	-
7	Bilge Pump	-	-	-	-

Tabel 6. Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
8	Oily Water Separator	0,067	0,067	0,067	0,067
9	Air Compressor 1	0,025	0,025	0,025	0,025
10	Air Compressor 2	-	-	-	-
11	Oily Bilge Pump	0,011	0,011	0,011	0,011
12	MDO Separator 1	0,073	0,073	0,073	0,073
13	MDO Separator 2	-	-	-	-
14	MDO Transfer Pump 1	0,05	0,05	-	-
15	MDO Transfer Pump 2	-	-	-	-
16	MDO Circulating Pump 1	0,022	0,022	0,022	0,022
17	MDO Circulating Pump 2	-	-	-	-
18	LO Transfer Pump	0,073	0,073	-	-
19	LO Separator	0,073	0,073	0,073	0,073
20	LO Standby Pump	-	-	0,058	-
21	LO Separator Pump	0,022	0,022	0,022	0,022

Tabel 7. Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
22	SW Cooling Pump 1	0,185	0,185	0,185	0,185
23	SW Cooling Pump 2	-	-	-	-
24	LT Standby Pump	-	-	-	-
25	HT Standby Pump	-	-	-	-
26	HT Preheating Pump	0,012	0,012	-	-
27	CO Transfer Pump	0,012	0,012	0,012	0,012
28	Cargo Crane	-	-	0,544	-
29	Screw Conveyor 1	-	-	0,066	-
30	Screw Conveyor 2	-	-	0,066	-
31	Screw Conveyor 3	-	-	0,066	-
32	Screw Conveyor 4	-	-	0,066	-
33	Screw Conveyor 5	-	-	0,066	-
34	Windlass 1	-	-	-	0,352
35	Windlass 2	-	-	-	-
36	Capstan 1	-	-	0,252	-
37	Capstan 2	-	-	0,252	-
38	Provision Crane	-	-	0,218	-

Tabel 8. Arus Hubungan Singkat Pada Bus GS Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
39	Engine Room Supply Fan	0,612	0,612	0,612	0,612
40	Steering Gear	0,119	0,119	0,119	0,119
41	Engine Room Exhaust Fan	0,011	0,011	0,011	0,011
	<b>TOTAL</b>	<b>5,107</b>	<b>5,107</b>	<b>10,361</b>	<b>5,424</b>

#### 4.2.3 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus FO Sistem

Tabel 9. Arus Hubungan Singkat Pada Bus FO Sistem

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
1	Generator 1	2,07	2,07	2,07	2,07
2	Generator 2	2,07	2,07	2,07	2,07
3	Generator 3	-	-	2,07	-
4	GS Pump	-	-	-	-
5	Ballast Pump	-	-	0,265	-
6	Fire Pump	-	-	-	-
7	Bilge Pump	-	-	-	-
8	Oily Water Separator	0,067	0,067	0,067	0,067
9	Air Compressor 1	0,025	0,025	0,025	0,025
10	Air Compressor 2	-	-	-	-
11	Oily Bilge Pump	0,011	0,011	0,011	0,011

Tabel 10. Arus Hubungan Singkat Pada Bus FO Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
12	MDO Separator 1	0,073	0,073	0,073	0,073
13	MDO Separator 2	-	-	-	-
14	MDO Transfer Pump 1	0,05	0,05	-	-
15	MDO Transfer Pump 2	-	-	-	-
16	MDO Circulating Pump 1	0,022	0,022	0,022	0,022
17	MDO Circulating Pump 2	-	-	-	-
18	LO Transfer Pump	0,073	0,073	-	-
19	LO Separator	0,073	0,073	0,073	0,073
20	LO Standby Pump	-	-	0,058	-
21	LO Separator Pump	0,022	0,022	0,022	0,022
22	SW Cooling Pump 1	0,185	0,185	0,185	0,185
23	SW Cooling Pump 2	-	-	-	-
24	LT Standby Pump	-	-	-	-
25	HT Standby Pump	-	-	-	-

Tabel 11. Arus Hubungan Singkat Pada Bus FO Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
26	HT Preheating Pump	0,012	0,012	-	-
27	CO Transfer Pump	0,012	0,012	0,012	0,012
28	Cargo Crane	-	-	0,544	-
29	Screw Conveyor 1	-	-	0,066	-
30	Screw Conveyor 2	-	-	0,066	-
31	Screw Conveyor 3	-	-	0,066	-
32	Screw Conveyor 4	-	-	0,066	-
33	Screw Conveyor 5	-	-	0,066	-
34	Windlass 1	-	-	-	0,352
35	Windlass 2	-	-	-	-
36	Capstan 1	-	-	0,252	-
37	Capstan 2	-	-	0,252	-
38	Provision Crane	-	-	0,218	-
39	Engine Room Supply Fan	0,612	0,612	0,612	0,612
40	Steering Gear	0,119	0,119	0,119	0,119
41	Engine Room Exhaust Fan	0,011	0,011	0,011	0,011
	<b>TOTAL</b>	<b>5,107</b>	<b>5,107</b>	<b>10,361</b>	<b>5,424</b>



#### 4.2.4 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus LO Sistem

Tabel 12. Arus Hubungan Singkat Pada Bus LO Sistem

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
1	Generator 1	2,07	2,07	2,07	2,07
2	Generator 2	2,07	2,07	2,07	2,07
3	Generator 3	-	-	2,07	-
4	GS Pump	-	-	-	-
5	Ballast Pump	-	-	0,265	-
6	Fire Pump	-	-	-	-
7	Bilge Pump	-	-	-	-
8	Oily Water Separator	0,067	0,067	0,067	0,067
9	Air Compressor 1	0,025	0,025	0,025	0,025
10	Air Compressor 2	-	-	-	-
11	Oily Bilge Pump	0,011	0,011	0,011	0,011
12	MDO Separator 1	0,073	0,073	0,073	0,073
13	MDO Separator 2	-	-	-	-
14	MDO Transfer Pump 1	0,05	0,05	-	-
15	MDO Transfer Pump 2	-	-	-	-
16	MDO Circulating Pump 1	0,022	0,022	0,022	0,022

Tabel 13. Arus Hubungan Singkat Pada Bus LO Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
17	MDO Circulating Pump 2	-	-	-	-
18	LO Transfer Pump	0,073	0,073	-	-
19	LO Separator	0,073	0,073	0,073	0,073
20	LO Standby Pump	-	-	0,058	-
21	LO Separator Pump	0,022	0,022	0,022	0,022
22	SW Cooling Pump 1	0,185	0,185	0,185	0,185
23	SW Cooling Pump 2	-	-	-	-
24	LT Standby Pump	-	-	-	-
25	HT Standby Pump	-	-	-	-
26	HT Preheating Pump	0,012	0,012	-	-
27	CO Transfer Pump	0,012	0,012	0,012	0,012
28	Cargo Crane	-	-	0,544	-
29	Screw Conveyor 1	-	-	0,066	-
30	Screw Conveyor 2	-	-	0,066	-

Tabel 14. Arus Hubungan Singkat Pada Bus LO Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
31	Screw Conveyor 3	-	-	0,066	-
32	Screw Conveyor 4	-	-	0,066	-
33	Screw Conveyor 5	-	-	0,066	-
34	Windlass 1	-	-	-	0,352
35	Windlass 2	-	-	-	-
36	Capstan 1	-	-	0,252	-
37	Capstan 2	-	-	0,252	-
38	Provision Crane	-	-	0,218	-
39	Engine Room Supply Fan	0,612	0,612	0,612	0,612
40	Steering Gear	0,119	0,119	0,119	0,119
41	Engine Room Exhaust Fan	0,011	0,011	0,011	0,011
	<b>TOTAL</b>	<b>5,107</b>	<b>5,107</b>	<b>10,361</b>	<b>5,424</b>

#### 4.2.5 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem

Tabel 15. Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
1	Generator 1	2,07	2,07	2,07	2,07
2	Generator 2	2,07	2,07	2,07	2,07
3	Generator 3	-	-	2,07	-
4	GS Pump	-	-	-	-

Tabel 16. Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
5	Ballast Pump	-	-	0,265	-
6	Fire Pump	-	-	-	-
7	Bilge Pump	-	-	-	-
8	Oily Water Separator	0,067	0,067	0,067	0,067
9	Air Compressor 1	0,025	0,025	0,025	0,025
10	Air Compressor 2	-	-	-	-
11	Oily Bilge Pump	0,011	0,011	0,011	0,011
12	MDO Separator 1	0,073	0,073	0,073	0,073
13	MDO Separator 2	-	-	-	-
14	MDO Transfer Pump 1	0,05	0,05	-	-
15	MDO Transfer Pump 2	-	-	-	-
16	MDO Circulating Pump 1	0,022	0,022	0,022	0,022
17	MDO Circulating Pump 2	-	-	-	-
18	LO Transfer Pump	0,073	0,073	-	-
19	LO Separator	0,073	0,073	0,073	0,073

Tabel 17. Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
20	LO Standby Pump	-	-	0,058	-
21	LO Separator Pump	0,022	0,022	0,022	0,022
22	SW Cooling Pump 1	0,185	0,185	0,185	0,185
23	SW Cooling Pump 2	-	-	-	-
24	LT Standby Pump	-	-	-	-
25	HT Standby Pump	-	-	-	-
26	HT Preheating Pump	0,012	0,012	-	-
27	CO Transfer Pump	0,012	0,012	0,012	0,012
28	Cargo Crane	-	-	0,544	-
29	Screw Conveyor 1	-	-	0,066	-
30	Screw Conveyor 2	-	-	0,066	-
31	Screw Conveyor 3	-	-	0,066	-
32	Screw Conveyor 4	-	-	0,066	-
33	Screw Conveyor 5	-	-	0,066	-
34	Windlass 1	-	-	-	0,352

Tabel 18. Arus Hubungan Singkat Pada Bus CO Sistem (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
35	Windlass 2	-	-	-	-
36	Capstan 1	-	-	0,252	-
37	Capstan 2	-	-	0,252	-
38	Provision Crane	-	-	0,218	-
39	Engine Room Supply Fan	0,612	0,612	0,612	0,612
40	Steering Gear	0,119	0,119	0,119	0,119
41	Engine Room Exhaust Fan	0,011	0,011	0,011	0,011
	<b>TOTAL</b>	<b>5,107</b>	<b>5,107</b>	<b>10,361</b>	<b>5,424</b>

#### 4.2.6 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus Bongkar Muat

Tabel 19. Arus Hubungan Singkat Pada Bongkar Muat

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
1	Generator 1	2,07	2,07	2,07	2,07
2	Generator 2	2,07	2,07	2,07	2,07
3	Generator 3	-	-	2,07	-
4	GS Pump	-	-	-	-
5	Ballast Pump	-	-	0,265	-
6	Fire Pump	-	-	-	-
7	Bilge Pump	-	-	-	-
8	Oily Water Separator	0,067	0,067	0,067	0,067

Tabel 20. Arus Hubungan Singkat Pada Bongkar Muat (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
9	Air Compressor 1	0,025	0,025	0,025	0,025
10	Air Compressor 2	-	-	-	-
11	Oily Bilge Pump	0,011	0,011	0,011	0,011
12	MDO Separator 1	0,073	0,073	0,073	0,073
13	MDO Separator 2	-	-	-	-
14	MDO Transfer Pump 1	0,05	0,05	-	-
15	MDO Transfer Pump 2	-	-	-	-
16	MDO Circulating Pump 1	0,022	0,022	0,022	0,022
17	MDO Circulating Pump 2	-	-	-	-
18	LO Transfer Pump	0,073	0,073	-	-
19	LO Separator	0,073	0,073	0,073	0,073
20	LO Standby Pump	-	-	0,058	-
21	LO Separator Pump	0,022	0,022	0,022	0,022
22	SW Cooling Pump 1	0,185	0,185	0,185	0,185

Tabel 21. Arus Hubungan Singkat Pada Bongkar Muat (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
23	SW Cooling Pump 2	-	-	-	-
24	LT Standby Pump	-	-	-	-
25	HT Standby Pump	-	-	-	-
26	HT Preheating Pump	0,012	0,012	-	-
27	CO Transfer Pump	0,012	0,012	0,012	0,012
28	Cargo Crane	-	-	0,544	-
29	Screw Conveyor 1	-	-	0,066	-
30	Screw Conveyor 2	-	-	0,066	-
31	Screw Conveyor 3	-	-	0,066	-
32	Screw Conveyor 4	-	-	0,066	-
33	Screw Conveyor 5	-	-	0,066	-
34	Windlass 1	-	-	-	0,352
35	Windlass 2	-	-	-	-
36	Capstan 1	-	-	0,252	-
37	Capstan 2	-	-	0,252	-
38	Provision Crane	-	-	0,218	-
39	Engine Room Supply Fan	0,612	0,612	0,612	0,612



Tabel 22. Arus Hubungan Singkat Pada Bongkar Muat (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
40	Steering Gear	0,119	0,119	0,119	0,119
41	Engine Room Exhaust Fan	0,011	0,011	0,011	0,011
	<b>TOTAL</b>	<b>5,107</b>	<b>5,107</b>	<b>10,361</b>	<b>5,424</b>

#### 4.2.7 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus *Deck Machinery*

Tabel 23. Arus Hubungan Singkat Pada Bus *Deck Machinery*

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
1	Generator 1	2,07	2,07	2,07	2,07
2	Generator 2	2,07	2,07	2,07	2,07
3	Generator 3	-	-	2,07	-
4	GS Pump	-	-	-	-
5	Ballast Pump	-	-	0,265	-
6	Fire Pump	-	-	-	-
7	Bilge Pump	-	-	-	-
8	Oily Water Separator	0,067	0,067	0,067	0,067
9	Air Compressor 1	0,025	0,025	0,025	0,025
10	Air Compressor 2	-	-	-	-
11	Oily Bilge Pump	0,011	0,011	0,011	0,011
12	MDO Separator 1	0,073	0,073	0,073	0,073

Tabel 24. Arus Hubungan Singkat Pada Bus *Deck Machinery* (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
13	MDO Separator 2	-	-	-	-
14	MDO Transfer Pump 1	0,05	0,05	-	-
15	MDO Transfer Pump 2	-	-	-	-
16	MDO Circulating Pump 1	0,022	0,022	0,022	0,022
17	MDO Circulating Pump 2	-	-	-	-
18	LO Transfer Pump	0,073	0,073	-	-
19	LO Separator	0,073	0,073	0,073	0,073
20	LO Standby Pump	-	-	0,058	-
21	LO Separator Pump	0,022	0,022	0,022	0,022
22	SW Cooling Pump 1	0,185	0,185	0,185	0,185
23	SW Cooling Pump 2	-	-	-	-
24	LT Standby Pump	-	-	-	-
25	HT Standby Pump	-	-	-	-
26	HT Preheating Pump	0,012	0,012	-	-

Tabel 25. Arus Hubungan Singkat Pada Bus *Deck Machinery* (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
27	CO Transfer Pump	0,012	0,012	0,012	0,012
28	Cargo Crane	-	-	0,544	-
29	Screw Conveyor 1	-	-	0,066	-
30	Screw Conveyor 2	-	-	0,066	-
31	Screw Conveyor 3	-	-	0,066	-
32	Screw Conveyor 4	-	-	0,066	-
33	Screw Conveyor 5	-	-	0,066	-
34	Windlass 1	-	-	-	0,352
35	Windlass 2	-	-	-	-
36	Capstan 1	-	-	0,252	-
37	Capstan 2	-	-	0,252	-
38	Provision Crane	-	-	0,218	-
39	Engine Room Supply Fan	0,612	0,612	0,612	0,612
40	Steering Gear	0,119	0,119	0,119	0,119
41	Engine Room Exhaust Fan	0,011	0,011	0,011	0,011
	<b>TOTAL</b>	<b>5,107</b>	<b>5,107</b>	<b>10,361</b>	<b>5,424</b>

#### 4.2.8 Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Bus EGSB

Tabel 26. Arus Hubungan Singkat Pada Bus EGSB

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
1	Generator 1	2,07	2,07	2,07	2,07
2	Generator 2	2,07	2,07	2,07	2,07
3	Generator 3	-	-	2,07	-
4	GS Pump	-	-	-	-
5	Ballast Pump	-	-	0,265	-
6	Fire Pump	-	-	-	-
7	Bilge Pump	-	-	-	-
8	Oily Water Separator	0,067	0,067	0,067	0,067
9	Air Compressor 1	0,025	0,025	0,025	0,025
10	Air Compressor 2	-	-	-	-
11	Oily Bilge Pump	0,011	0,011	0,011	0,011
12	MDO Separator 1	0,073	0,073	0,073	0,073
13	MDO Separator 2	-	-	-	-
14	MDO Transfer Pump 1	0,05	0,05	-	-
15	MDO Transfer Pump 2	-	-	-	-
16	MDO Circulating Pump 1	0,022	0,022	0,022	0,022

Tabel 27. Arus Hubungan Singkat Pada Bus EGSB (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
17	MDO Circulating Pump 2	-	-	-	-
18	LO Transfer Pump	0,073	0,073	-	-
19	LO Separator	0,073	0,073	0,073	0,073
20	LO Standby Pump	-	-	0,058	-
21	LO Separator Pump	0,022	0,022	0,022	0,022
22	SW Cooling Pump 1	0,185	0,185	0,185	0,185
23	SW Cooling Pump 2	-	-	-	-
24	LT Standby Pump	-	-	-	-
25	HT Standby Pump	-	-	-	-
26	HT Preheating Pump	0,012	0,012	-	-
27	CO Transfer Pump	0,012	0,012	0,012	0,012
28	Cargo Crane	-	-	0,544	-
29	Screw Conveyor 1	-	-	0,066	-
30	Screw Conveyor 2	-	-	0,066	-

Tabel 28. Arus Hubungan Singkat Pada Bus EGSB (lanjutan)

No.	Jenis Peralatan	Nilai Arus Hubungan Singkat Pada Kondisi			
		Berlayar (kA)	Manuvering (kA)	Bongkar Muat (kA)	Tambat (kA)
31	Screw Conveyor 3	-	-	0,066	-
32	Screw Conveyor 4	-	-	0,066	-
33	Screw Conveyor 5	-	-	0,066	-
34	Windlass 1	-	-	-	0,352
35	Windlass 2	-	-	-	-
36	Capstan 1	-	-	0,252	-
37	Capstan 2	-	-	0,252	-
38	Provision Crane	-	-	0,218	-
39	Engine Room Supply Fan	0,612	0,612	0,612	0,612
40	Steering Gear	0,119	0,119	0,119	0,119
41	Engine Room Exhaust Fan	0,011	0,011	0,011	0,011
	<b>TOTAL</b>	<b>5,107</b>	<b>5,107</b>	<b>10,361</b>	<b>5,424</b>

Dari hasil simulasi *short circuit* di atas didapatkan nilai arus hubungan singkat pada keempat kondisi yaitu kondisi berlayar, *maneuvering*, dan bongkar muat serta tambat. Besarnya nilai *short circuit* pada setiap bus dipengaruhi oleh jumlah beban peralatan yang digunakan pada setiap kondisi.

#### 4.3 Analisis Koordinasi Pengaman

Pemasangan pengaman untuk melindungi peralatan supaya terlindungi dari kerusakan akibat mengalirnya arus gangguan yang besar pada peralatan dan meminimalisasi daerah yang terkena pemutus aliran daya karena adanya gangguan pada peralatan lain. Dengan mengetahui besar arus nominal dan arus gangguan hubungan singkat yang mungkin terjadi pada peralatan-peralatan yang perlu diamankan.

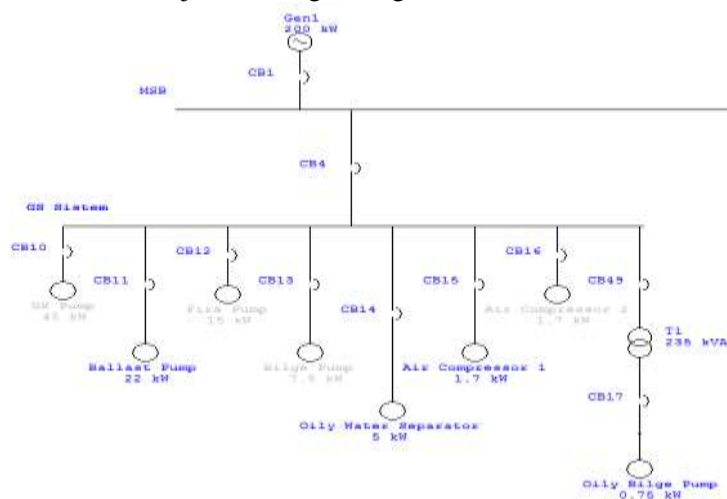
Adapun untuk mengevaluasi koordinasi dari pengaman pada sistem kelistrikan di perencanaan kapal *cement carrier*, diambil beberapa kasus skenario

koordinasi yang mampu mewakili kinerja sistem secara keseluruhan. Beberapa tipikal yang diambil adalah sebagai berikut:

- Skenario 1: pada saat kondisi bongkar muat dimulai dari bus MSB hingga bus *general service* sistem. Pada skenario ini *ballast pump* mengalami gangguan hubungan singkat.
- Skenario 2: pada saat kondisi berlayar dimulai dari bus MSB hingga bus FO sistem. Pada skenario ini MDO separator 1 mengalami gangguan hubungan singkat.
- Skenario 3: pada saat kondisi *manuvering* dimulai dari bus MSB hingga bus LO sistem. Pada skenario ini LO transfer *pump* mengalami gangguan hubungan singkat.
- Skenario 4: pada saat kondisi tambat dimulai dari bus MSB hingga bus CO sistem. Pada skenario ini SW *cooling pump* mengalami gangguan hubungan singkat.
- Skenario 5: pada saat kondisi bongkar muat dimulai dari bus MSB hingga bus bongkar muat. Pada skenario ini *cargo crane* mengalami gangguan hubungan singkat.
- Skenario 6: pada saat kondisi bongkar muat dimulai dari bus MSB hingga bus *deck machinery*. Pada skenario ini *provision crane* mengalami gangguan hubungan singkat.
- Skenario 7: pada saat kondisi tambat dimulai dari bus MSB hingga bus EGSB. Pada skenario ini *engine room supply fan* mengalami gangguan hubungan singkat.

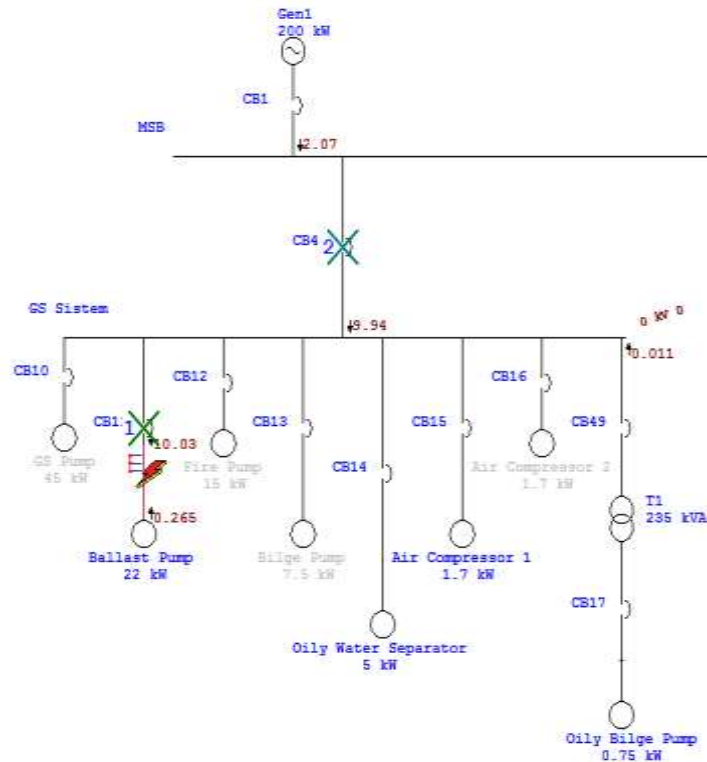
#### 4.4.1 Analisis Skenario 1

Sistem pengaman pada skenario 1 yang diperlihatkan pada gambar 3. merupakan skenario yang dibuat pada saat kondisi bongkar muat untuk melihat bagaimana koordinasi pengaman pada bus MSB dan bus *general service* sistem ketika terjadi hubungan singkat.



Gambar 3. Single Line Skenario 1

Dari gambar di atas, dengan menggunakan *software* ETAP 12.6. ballast pump sengaja diberikan gangguan hubungan singkat agar dapat mengetahui bagaimana koordinasi proteksi pada bus MSB dan bus *general service* sistem yang nantinya akan diperlihatkan seperti pada gambar 4.



**Gambar 4.** Koordinasi Proteksi Pada Skenario 1

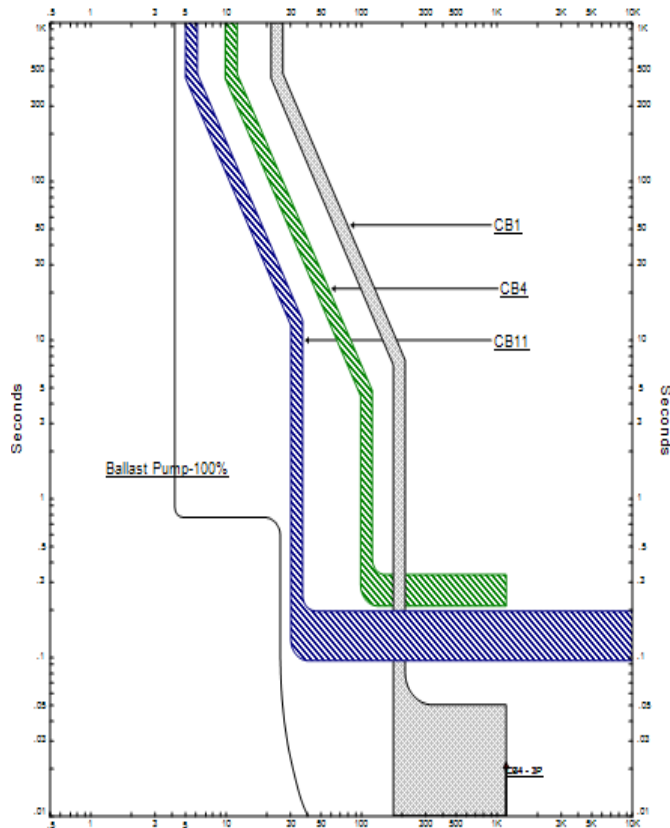
Pada gambar 4. *circuit breaker* yang bekerja (*open*) nantinya dapat dilihat kurva kerja dari peralatan pengaman dengan cara masuk ke panel star-protection device coordination dalam *software* ETAP 12.6. sehingga akan menghasilkan kurva karakteristik seperti pada gambar 5.

Hasil dari kurva tersebut menunjukkan pada skenario 1,

- Kurva CB11 yang berwarna biru berada di sebelah kanan dari kurva *ballast pump* yang merupakan pengaman dari gangguan beban lebih, sehingga posisinya berada di sebelah kanan kurva karakteristik *ballast pump*. Apabila terjadi gangguan pada *ballast pump* maka kurva CB11 akan langsung trip dalam waktu 0,2 detik.
- Kurva CB4 yang berwarna hijau berada di sebelah kanan dari CB11. Kurva karakteristik CB4 ini merupakan backup dari CB11, karena jika CB11 gagal bekerja mengamankan gangguan hubungan singkat maka akan dibackup ke CB4 dalam waktu 0,4 detik.



- Kurva CB1 yang berwarna berada di sebelah kanan dari CB11. Karakteristik dari kurva CB1 ini akan langsung trip seketika dalam waktu 0,01 detik untuk melindungi generator ketika terjadi gangguan hubungan singkat yang nilai mencapai 2 kA.



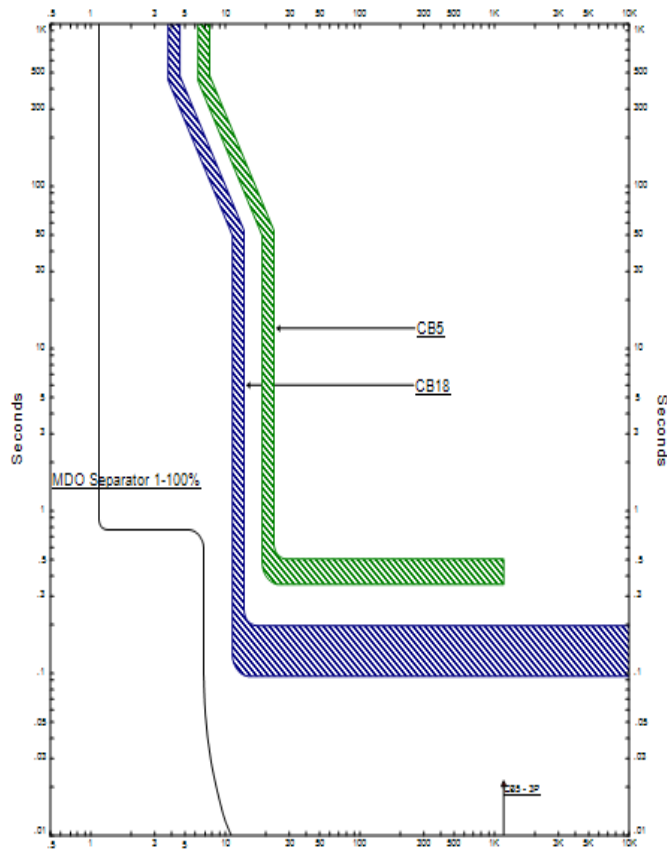
**Gambar 5.** Kurva Pengaturan Skenario 1

Hasil dari kurva tersebut menunjukan pada skenario 1,

- Kurva CB11 yang berwarna biru berada di sebelah kanan dari kurva *ballast pump* yang merupakan pengaman dari gangguan beban lebih, sehingga posisinya berada di sebelah kanan kurva karakteristik *ballast pump*. Apabila terjadi gangguan pada *ballast pump* maka kurva CB11 akan langsung trip dalam waktu 0,2 detik.
- Kurva CB4 yang berwarna hijau berada di sebelah kanan dari CB11. Kurva karakteristik CB4 ini merupakan backup dari CB11, karena jika CB11 gagal bekerja mengamankan gangguan hubungan singkat maka akan dibackup ke CB4 dalam waktu 0,4 detik.
- Kurva CB1 yang berwarna berada di sebelah kanan dari CB11. Karakteristik dari kurva CB1 ini akan langsung trip seketika dalam waktu 0,01 detik untuk melindungi generator ketika terjadi gangguan hubungan singkat yang nilai mencapai 2 kA.



CB yang pertama kali bekerja pada saat terjadinya gangguan pada MDO separator 1 adalah CB18. CB18 tersebut mengamankan MDO separator 1 bila terjadi gangguan hubungan singkat. Selanjutnya CB5 bekerja untuk mengamankan bus FO sistem. Dari hasil koordinasi proteksi pada skenario 2 dapat dihasilkan kurva kerja dari koordinasi proteksi pada skenario 2 yang terlihat seperti pada gambar 8.



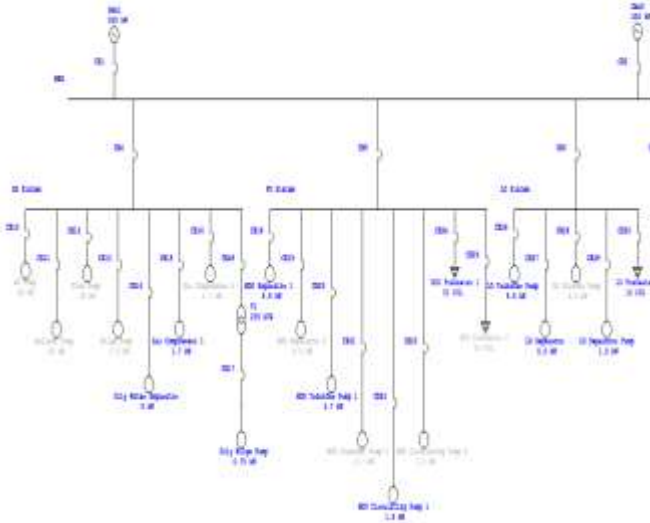
**Gambar 8.** Kurva Pengaturan Skenario 2

Hasil dari kurva tersebut menunjukkan pada scenario 2,

- Kurva CB18 yang berwarna biru berada di sebelah kanan dari kurva MDO separator 1 yang merupakan pengaman dari gangguan beban lebih, sehingga posisinya berada di sebelah kanan kurva karakteristik MDO separator 1. Apabila terjadi gangguan pada MDO separator 1 maka kurva CB18 akan langsung trip dalam waktu 0,2 detik.
- Kurva CB5 yang berwarna hijau berada di sebelah kanan dari CB18. Kurva karakteristik CB5 ini merupakan backup dari CB11, karena jika CB18 gagal bekerja mengamankan gangguan hubungan singkat maka akan dibackup ke CB5 dalam waktu 0,6 detik.

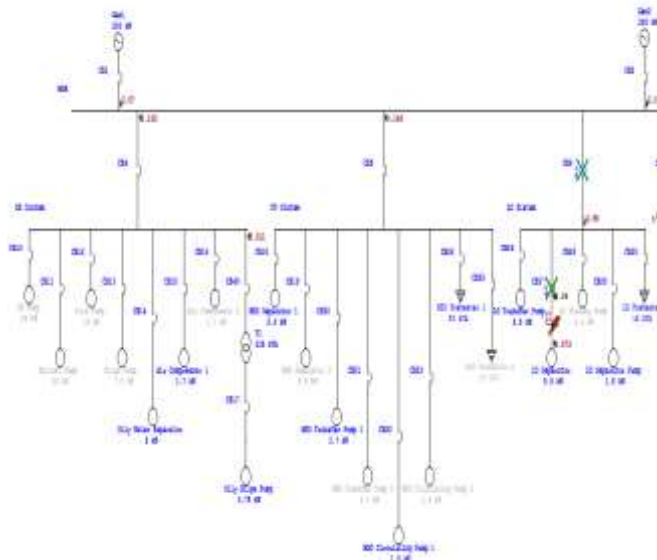
### 4.3.3 Analisis Skenario 3

Sistem pengaman pada skenario 3 yang diperlihatkan pada gambar 9. merupakan skenario yang dibuat pada saat kondisi *maneuvering* untuk melihat koordinasi pengaman pada bus MSB dan bus LO sistem ketika terjadi hubungan singkat.



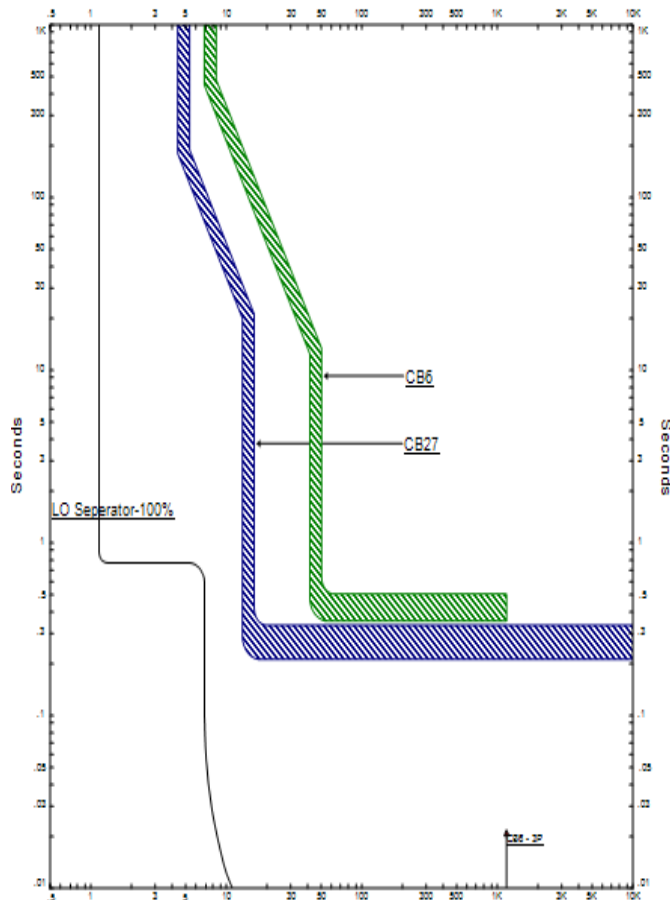
**Gambar 9.** *Single Line* Skenario 3

Pada skenario 3, LO separator sengaja diberikan gangguan hubungan singkat agar mengetahui bagaimana koordinasi proteksi pada bus MSB dan bus LO sistem yang nantinya akan diperlihatkan seperti pada gambar 10.



**Gambar 10.** Koordinasi Proteksi Pada Skenario 3

CB27 digunakan untuk melindungi LO separator dan bus LO sistem dari gangguan hubungan singkat. Kemudian CB6 ini menghubungkan bus MSB dan bus LO sistem serta berfungsi melindungi kedua bus ini dari hubungan singkat.



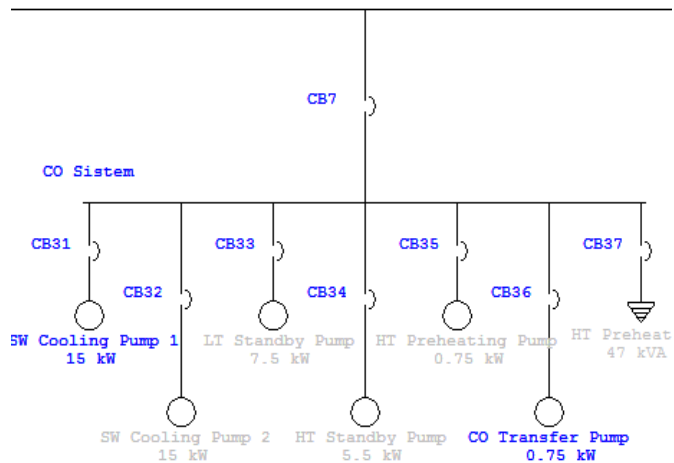
**Gambar 11.** Kurva Pengaturan Skenario 3

Hasil dari kurva tersebut menunjukkan pada skenario 3,

- Kurva CB27 yang berwarna biru berada di sebelah kanan dari kurva LO separator yang merupakan pengaman dari gangguan beban lebih, sehingga posisinya berada di sebelah kanan kurva karakteristik LO separator. Apabila terjadi gangguan pada LO separator maka kurva CB27 akan langsung trip dalam waktu 0,4 detik.
- Kurva CB6 yang berwarna hijau berada di sebelah kanan dari CB27. Kurva karakteristik CB6 ini merupakan backup dari CB27, karena jika CB27 gagal bekerja mengamankan gangguan hubungan singkat maka akan dibackup ke CB6 dalam waktu 0,6 detik.

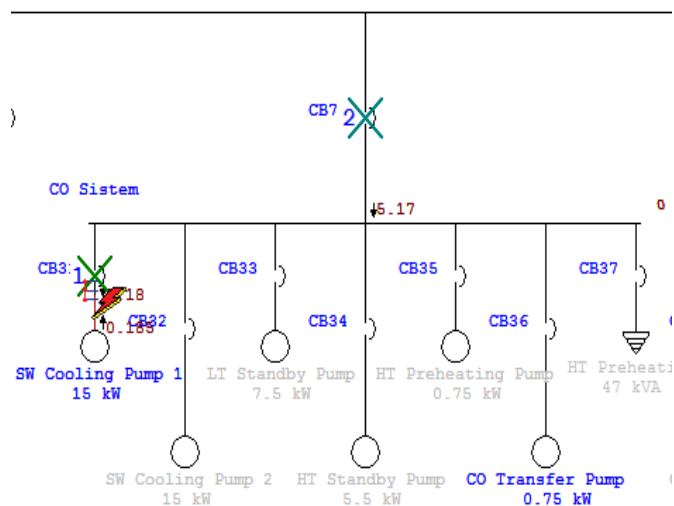
#### 4.3.4 Analisis Skenario 4

Sistem pengaman pada skenario 4 yang diperlihatkan pada gambar 12. merupakan skenario yang dibuat untuk melihat koordinasi pengaman pada saat kondisi tambat untuk melihat koordinasi pengaman pada bus MSB dan bus CO sistem ketika terjadi hubungan singkat.



**Gambar 12.** Single Line Skenario 4

Pada skenario 4, SW cooling pump 1 sengaja diberikan gangguan hubungan singkat agar mengetahui bagaimana koordinasi proteksi pada bus MSB dan bus CO sistem yang nantinya akan diperlihatkan seperti pada gambar 13.

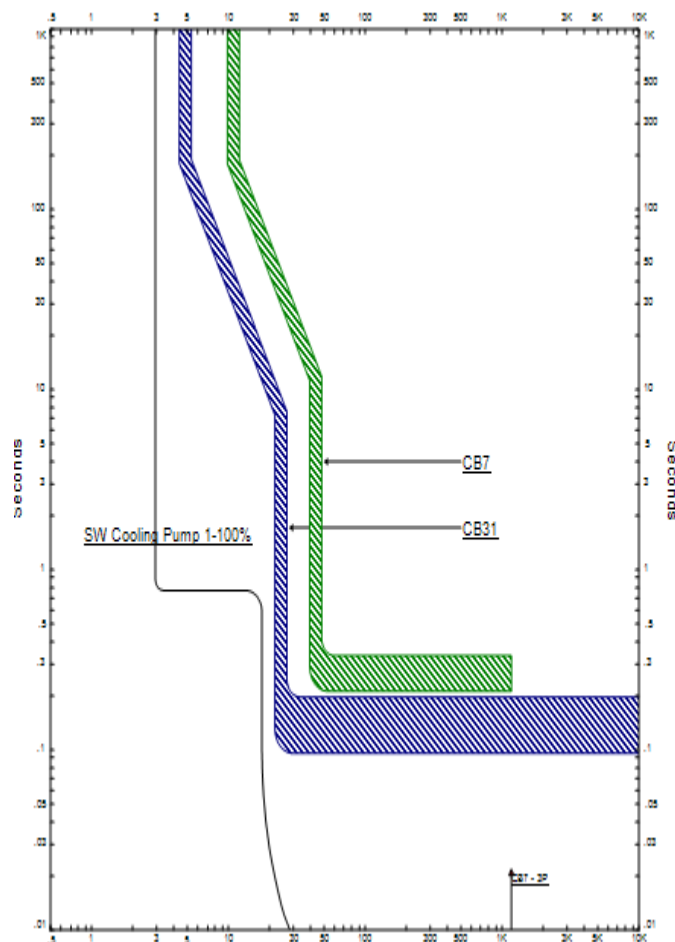


**Gambar 13.** Koordinasi Proteksi Pada Skenario 4

Dari skenario 4 ini CB31 berfungsi untuk mengamankan peralatan *SW cooling pump* dan juga mengamankan bus CO sistem jika terjadi hubungan singkat. Cb7 merupakan penghubung antara bus MSB dan bus CO sistem sekaligus pengaman kedua bus tersebut jika terjadi hubungan singkat.

Hasil dari koordinasi proteksi pada skenario 4 tersebut menunjukkan kurva kerja karakteristik pengaman tersebut seperti pada gambar 14.

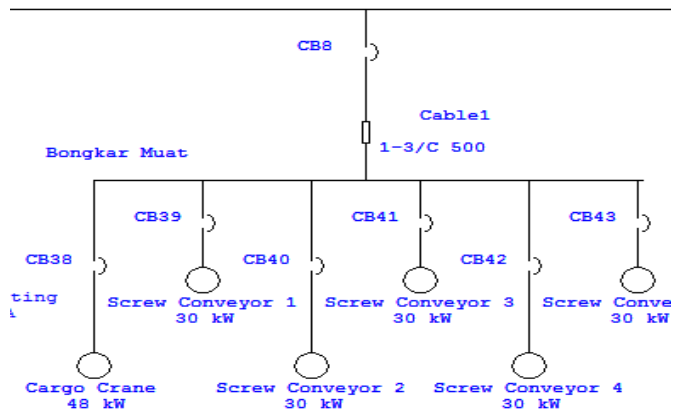
- Kurva CB31 yang berwarna biru berada di sebelah kanan dari kurva *SW cooling pump* yang merupakan pengaman dari gangguan beban lebih, sehingga posisinya berada di sebelah kanan kurva karakteristik *SW cooling pump*. Apabila terjadi gangguan pada *SW cooling pump* maka kurva CB31 akan langsung trip dalam waktu 0,25 detik.
- Kurva CB7 yang berwarna hijau berada di sebelah kanan dari CB31. Kurva karakteristik CB7 ini merupakan backup dari CB31, karena jika CB31 gagal bekerja mengamankan gangguan hubungan singkat maka akan dibackup ke CB7 dalam waktu 0,46 detik.



**Gambar 14.** Kurva Pengaturan Skenario 4

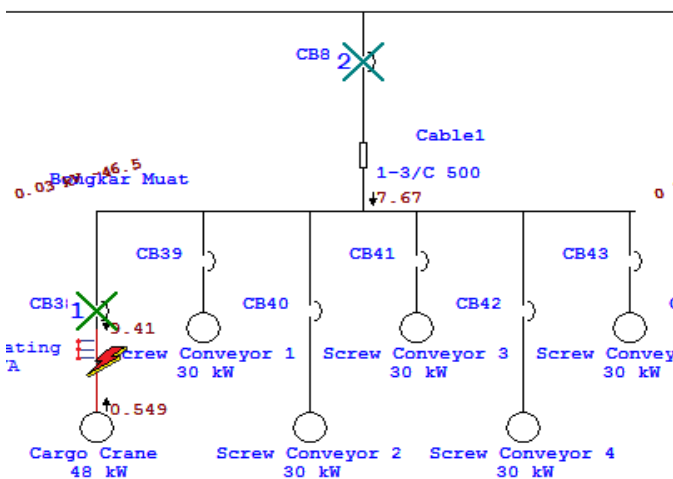
#### 4.3.5 Analisis Skenario 5

Sistem pengaman pada skenario 5 yang diperlihatkan pada gambar 15 . merupakan skenario yang dibuat pada saat kondisi bongkar muat untuk melihat koordinasi pengaman pada bus MSB dan bus bongkar muat ketika terjadi hubungan singkat.



**Gambar 15.** Single Line Skenario 5

Pada skenario 5, *cargo crane* sengaja diberikan gangguan hubungan singkat agar mengetahui bagaimana koordinasi proteksi pada bus MSB dan bus bongkar muat yang nantinya akan diperlihatkan seperti pada gambar 16.

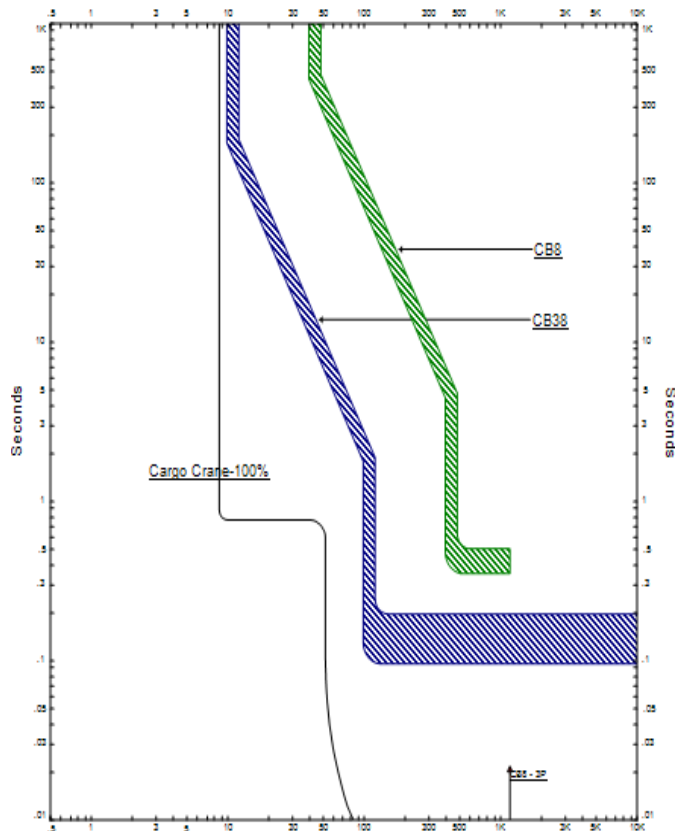


**Gambar 16.** Koordinasi Proteksi Pada Skenario 5

CB38 merupakan pengaman dari gangguan hubungan singkat yang terjadi pada bus bongkar muat dan mengamankan peralatan *cargo crane*. Kemudian di atas bus bongkar muat ada CB8 yang menghubungkan bus MSB



dan bus bongkar muat, CB8 ini juga berfungsi mengamankan bus MSB dan bus bongkar muat dari gangguan hubungan singkat.



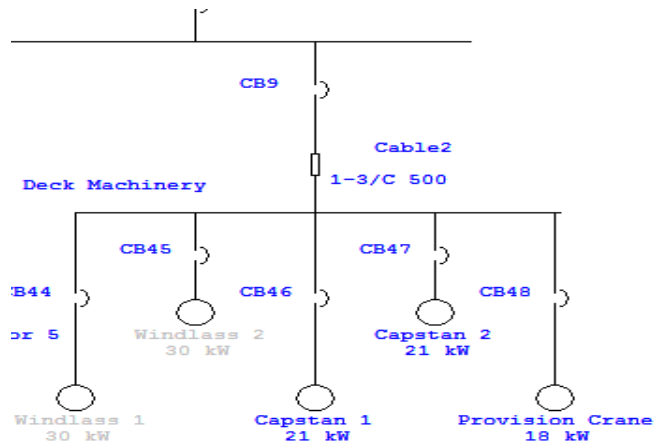
**Gambar 17.** Kurva Pengaturan Skenario 5

Hasil dari kurva tersebut menunjukan pada scenario 5,

- Kurva CB38 yang berwarna biru berada di sebelah kanan dari kurva *cargo crane* yang merupakan pengaman dari gangguan beban lebih, sehingga posisinya berada di sebelah kanan kurva karakteristik *cargo crane*. Apabila terjadi gangguan pada *cargo crane* maka kurva CB38 akan langsung trip dalam waktu 0,24 detik.
- Kurva CB9 yang berwarna hijau berada di sebelah kanan dari CB38. Kurva karakteristik CB9 ini merupakan backup dari CB38, karena jika CB38 gagal bekerja mengamankan gangguan hubungan singkat maka akan dibackup ke CB9 dalam waktu 0,66 detik.

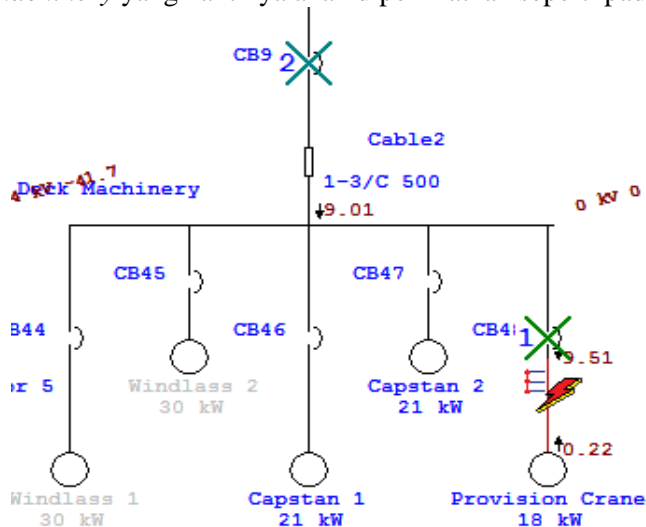
#### 4.3.6 Analisis Skenario 6

Sistem pengaman pada skenario 6 yang diperlihatkan pada gambar 18. merupakan skenario yang dibuat pada saat kondisi bongkar muat untuk melihat koordinasi pengaman pada bus MSB dan bus *deck machinery* ketika terjadi hubungan singkat.



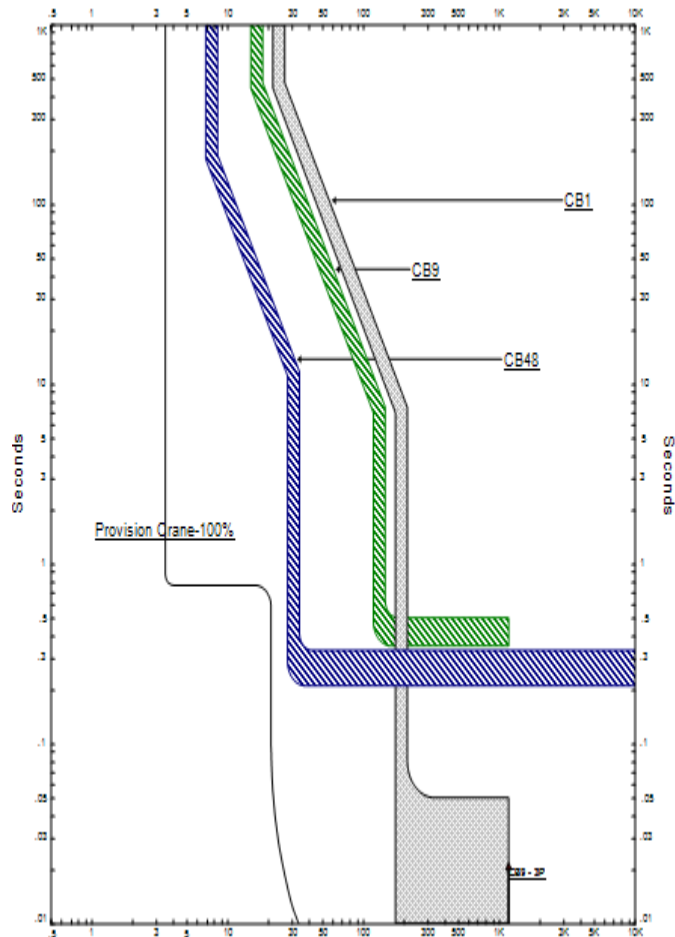
**Gambar 18.** Single Line Skenario 6

Pada skenario 6, provision crane sengaja diberikan gangguan hubungan singkat agar mengetahui bagaimana koordinasi proteksi pada bus MSB dan bus deck machinery yang nantinya akan diperlihatkan seperti pada gambar 19.



**Gambar 19.** Koordinasi Proteksi Pada Skenario 6

CB9 merupakan penghubung antara bus MSB dan bus deck machinery, fungsi lain dari CB9 adalah pengaman kedua bus tersebut. Selanjutnya di bawah bus deck machinery ada CB41 yang berfungsi mengamankan peralatan provision crane dan bus deck machinery ketika terjadi gangguan hubungan singkat. Pada generator CB1 berfungsi melindungi generator 1 dari keadaan overload dan melindungi bus MSB jika terjadi hubungan singkat.



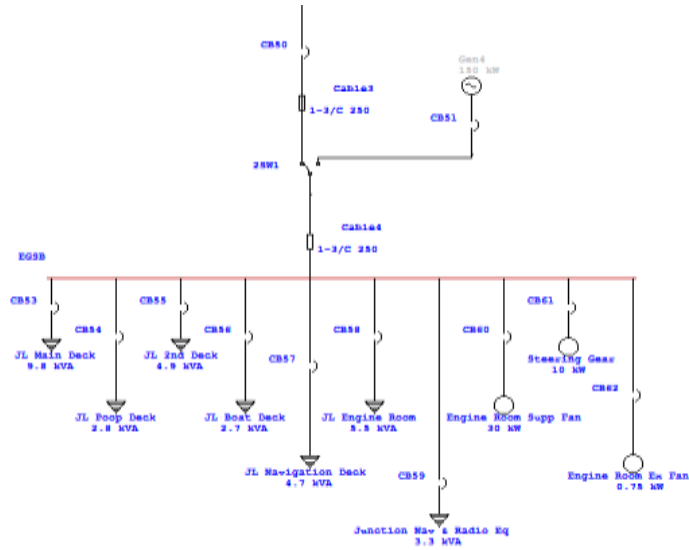
**Gambar 20.** Kurva Pengaturan Skenario 6

Hasil dari kurva tersebut menunjukan pada skenario 6,

- Kurva CB41 yang berwarna biru berada di sebelah kanan dari kurva *provision crane* yang merupakan pengaman dari gangguan beban lebih, sehingga posisinya berada di sebelah kanan kurva karakteristik *provision crane*. Apabila terjadi gangguan pada *provision crane* maka kurva CB41 akan langsung trip dalam waktu 0,47 detik.
- Kurva CB9 yang berwarna hijau berada di sebelah kanan dari CB41. Kurva karakteristik CB9 ini merupakan backup dari CB41, karena jika CB41 gagal bekerja mengamankan gangguan hubungan singkat maka akan dibackup ke CB9 dalam waktu 0,68 detik.
- Kurva CB1 yang berwarna berada di sebelah kanan dari CB11. Karakteristik dari kurva CB1 ini akan langsung trip seketika dalam waktu 0,01 detik untuk melindungi generator ketika terjadi gangguan hubungan singkat yang nilai mencapai 2 kA.

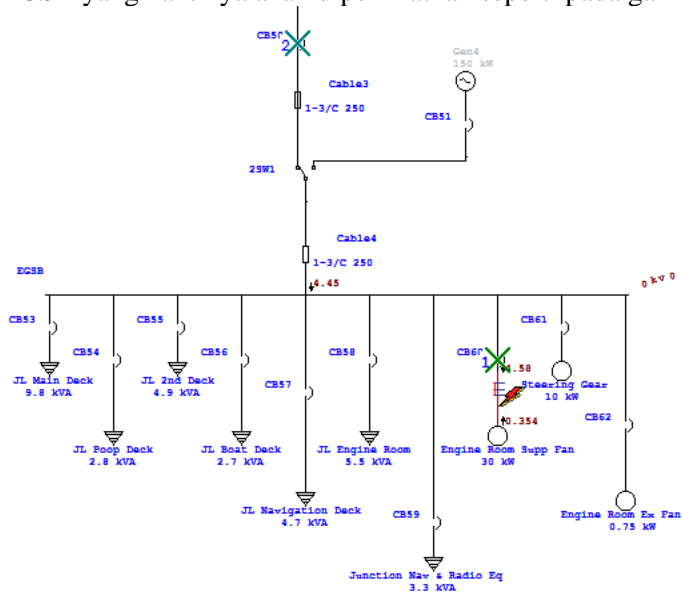
#### 4.3.7 Analisis Skenario 7

Sistem pengaman pada skenario 7 yang diperlihatkan pada gambar 21. merupakan skenario yang dibuat pada saat kondisi tambat untuk melihat koordinasi pengaman pada bus MSB dan bus EGSB ketika terjadi hubungan singkat.



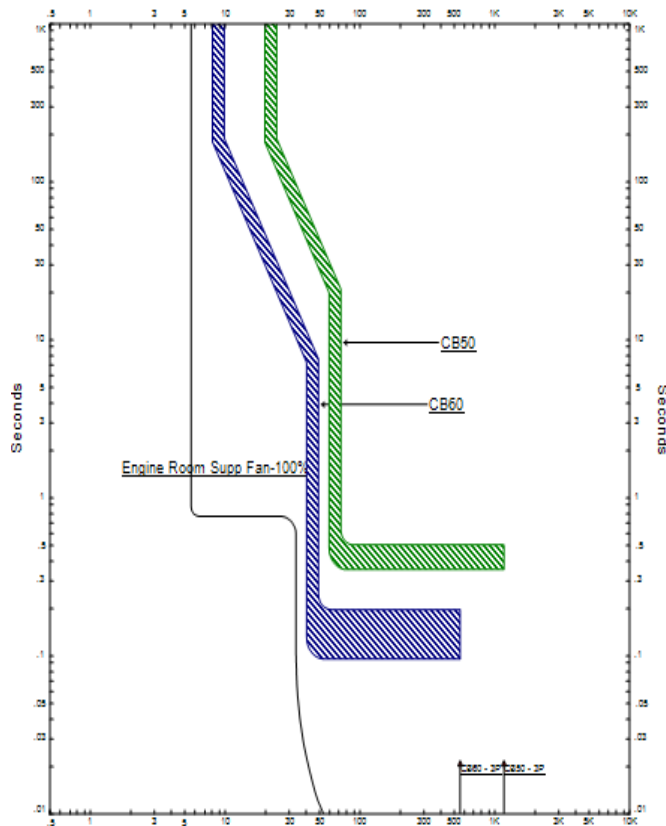
**Gambar 21.** Single Line Skenario 7

Pada skenario 7, *engine room supply fan* sengaja diberikan gangguan hubungan singkat agar mengetahui bagaimana koordinasi proteksi pada bus MSB dan EGSB yang nantinya akan diperlihatkan seperti pada gambar 22.



**Gambar 22.** Koordinasi Proteksi Pada Skenario 7

CB50 digunakan untuk melindungi *engine room supply fan* dan bus EGSB dari gangguan hubungan singkat. Kemudian CB60 ini menghubungkan bus MSB dan bus EGSB serta berfungsi melindungi kedua bus ini dari hubungan singkat.



**Gambar 23.** Kurva Pengaturan Skenario 7

Hasil dari kurva tersebut menunjukkan pada skenario 7,

- Kurva CB60 yang berwarna biru berada di sebelah kanan dari kurva *engine room supply fan* yang merupakan pengaman dari gangguan beban lebih, sehingga posisinya berada di sebelah kanan kurva karakteristik *engine room supply fan*. Apabila terjadi gangguan pada *engine room supply fan* maka kurva CB60 akan langsung trip dalam waktu 0,28 detik.
- Kurva CB50 yang berwarna hijau berada di sebelah kanan dari CB60. Kurva karakteristik CB60 ini merupakan backup dari CB50, karena jika CB60 gagal bekerja mengamankan gangguan hubungan singkat maka akan dibackup ke CB50 dalam waktu 0,71 detik.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil simulasi dan analisa data yang telah dilakukan pada pengerjaan tugas akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai arus hubungan singkat apabila terjadi gangguan ialah banyaknya jumlah beban peralatan yang digunakan pada saat kapal beroperasi disetiap kondisinya.
2. Gangguan arus hubungan singkat terbesar terjadi pada saat kondisi bongkar muat pada setiap busnya dengan nominal 10,3 kA.
3. Gangguan arus hubungan singkat terkecil terjadi pada saat kondisi berlayar pada setiap busnya dengan nominal 5,1 kA.
4. Penyetelan *circuit breaker* pada sistem kelistrikan di kapal harus bisa bekerja dengan baik disegala kondisi kapal saat beroperasi yaitu kondisi berlayar, maneuvering, dan bongkar muat serta tambat.
5. Dalam penyetelan *circuit breaker*, CB yang berada dekat dengan beban maka kurva kerjanya harus berada disebelah kanan dari kurva kerja beban. Sedangkan CB yang menjadi penghubung antara kedua bus maka kurva kerjanya harus berada disebelah kanan dari kurva kerja CB dibawahnya.

### **5.2 Saran**

Dari hasil penelitian ini disarankan untuk melakukan penelitian atau pengkajian lebih lanjut mengenai penggunaan generator pada tegangan menengah sampai tinggi agar pengaman yang digunakan lebih bervariasi.

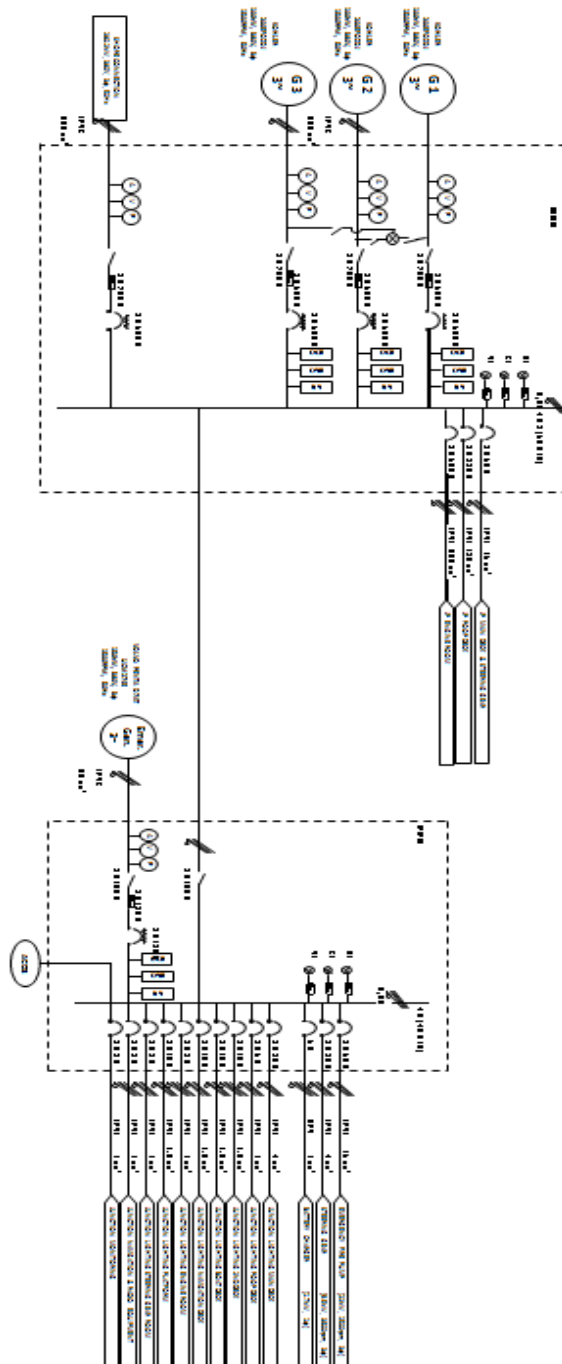


## DAFTAR PUSTAKA

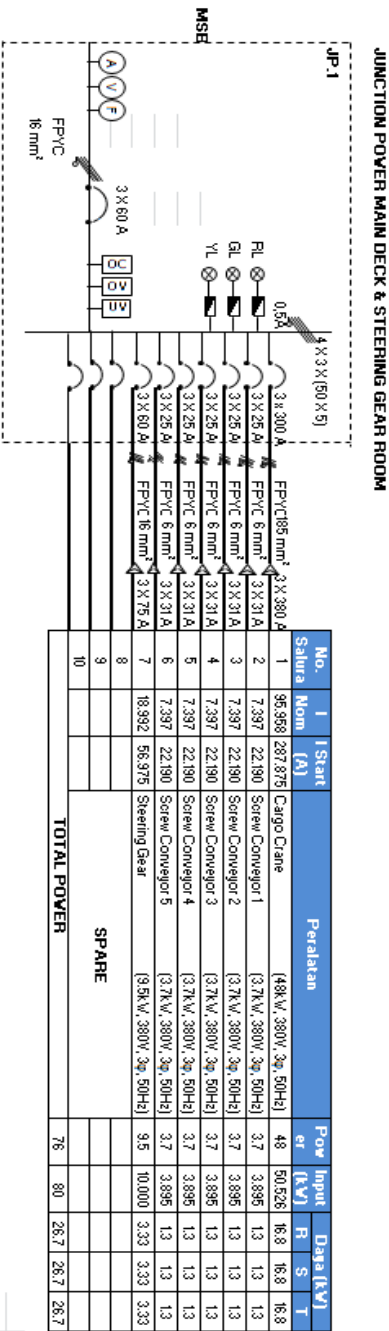
- Asri, Rimawan., Pujiantara, Margo., dan Putra, Dimas Fajar Uman, 2014. “Studi Koordinasi Proteksi Pada Sistem Kelistrikan Bandara Internasional Juanda Surabaya”. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Januarizki, Dery. 2016. “Analisa Kerja Relay Proteksi Generator Pada PT. Indonesia Power UPJP Kamojang ”. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Nashrudin, Muhammad., Pujiantara, Margo., Riawan, Dedet Candra, 2013. “Studi Koordinasi Proteksi Pada Joint Operating Pertamina-Petrochina Di Tuban Akibat Integrasi Sukowati Plant”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Nugroho, Wahyu Arief., Facta, Mochammad., dan Karnoto, Des. 2014. “Koordinasi Penempatan Peralatan Proteksi Jenis Arus Lebih (Ocr) Dan Pelebur (Fco) Di Penyulang 20 Kv Dari Gi 150/20 Kv Mrica Banjarnegara”. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- Pratama, Rudianto Putra. 2012. “Perancangan Sistem Proteksi (*Over Current* Dan *Ground Fault Relay*) Untuk Koordinasi Pengaman Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban IV”. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Soeprijanto, Adi., Penangsang, Ontoseno., dan Wijayanto, Nanda Dicky., Sep. 2012. “Koordinasi Proteksi Tegangan Kedip dan Arus Lebih pada Sistem Kelistrikan Industri Nabati”. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).



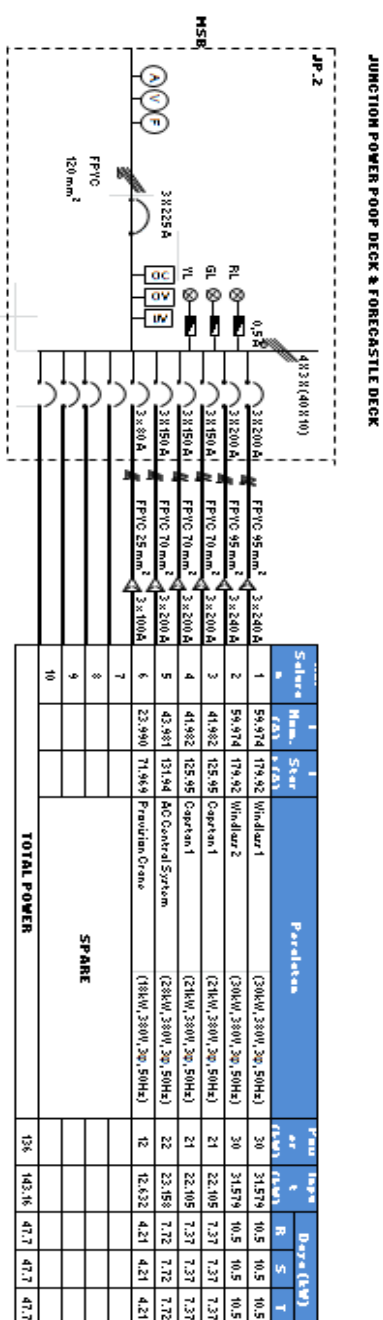
## LAMPIRAN



Gambar 24. Data Wiring Diagram MSB Dan EGSB Pada Excel



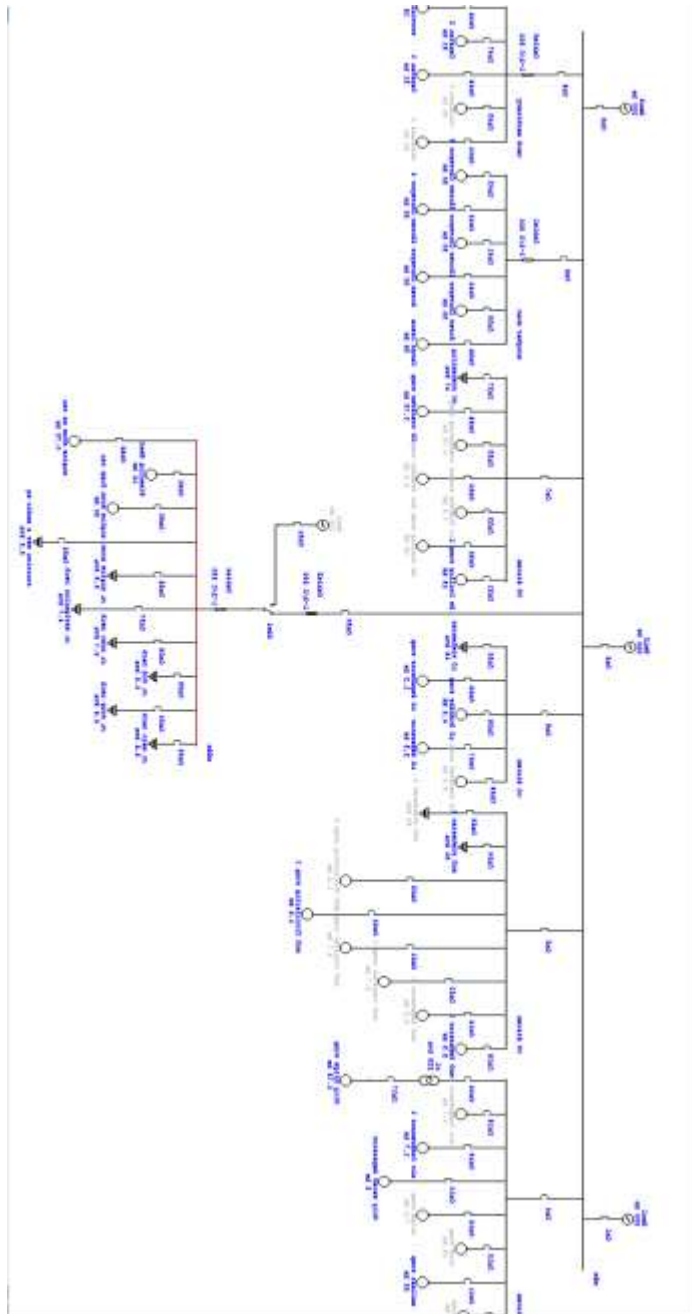
Gambar 25. Data Wiring JP 1 Pada Excel



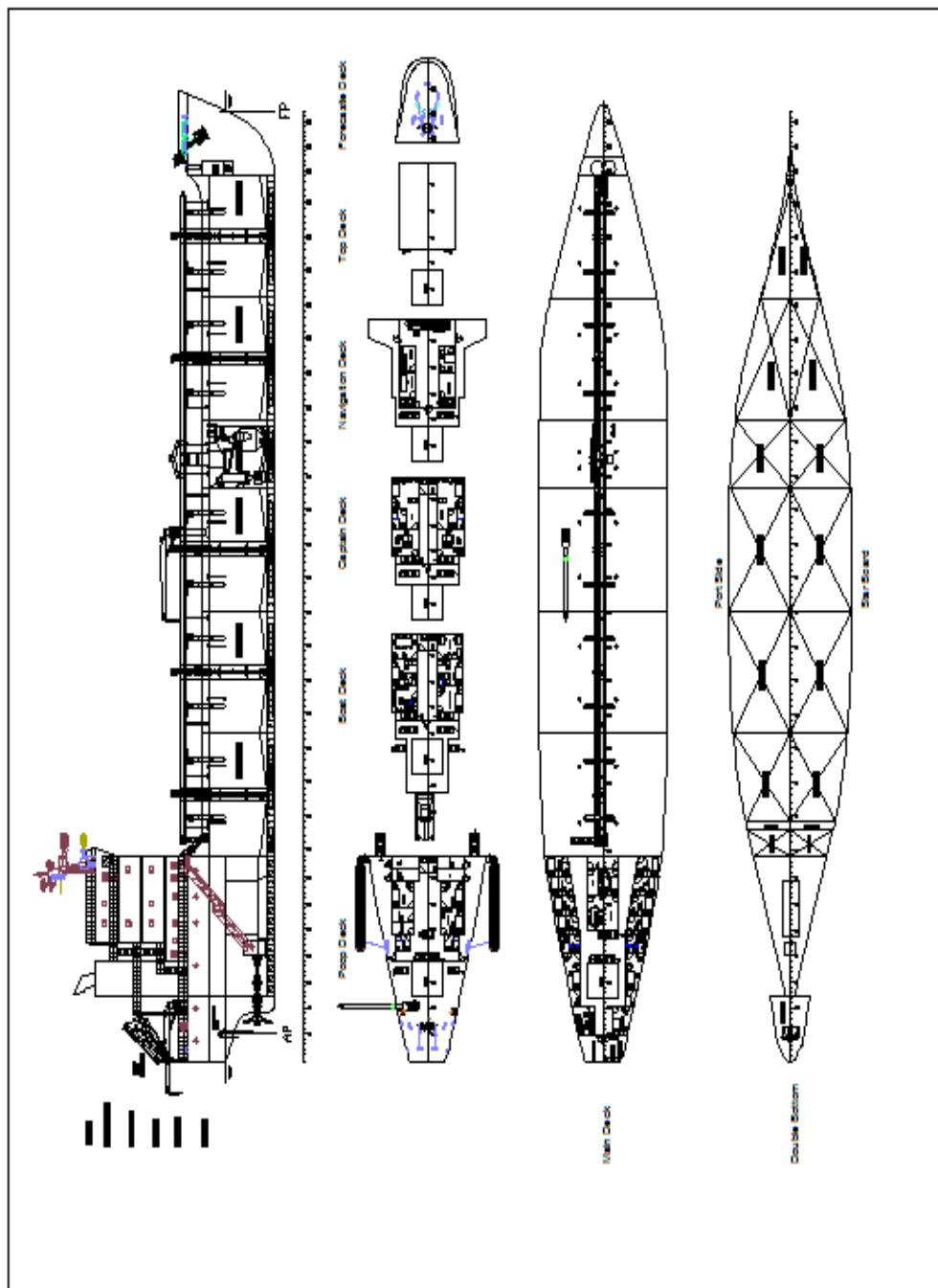
Gambar 26. Data Wiring JP 2 Pada Excel

JP-3									
424 (100810)									
No.	I	Star	Protection	Pos	Ar	Ins	R	S	Depth (T)
1	7.297	22.490	MDO Transfer Pump 1	(3.71kW, 380V, 2ø, 50Hz)	3.70	3.895	1.298	1.298	1.298
2	7.297	22.490	MDO Transfer Pump 2	(3.71kW, 380V, 2ø, 50Hz)	3.70	3.895	1.298	1.298	1.298
3	2.499	8.946	MDO Circulating Pump 1	(1.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	1.50	1.579	0.523	0.523	0.523
4	2.499	8.946	MDO Circulating Pump 2	(1.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	1.50	1.579	0.523	0.523	0.523
5	99.957	299.57	MDO P.V. Heater 1	(50.0kW, 440V, 2ø, 50Hz)	50.00	52.522	17.544	17.544	17.544
6	99.957	299.57	MDO P.V. Heater 2	(50.0kW, 440V, 2ø, 50Hz)	50.00	52.522	17.544	17.544	17.544
7	10.495	32.499	MDO S.S. Water 1	(5.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	5.50	5.739	1.929	1.929	1.929
8	10.495	32.499	MDO S.S. Water 2	(5.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	5.50	5.739	1.929	1.929	1.929
9	8.946	28.8	LO Standby Pump	(4.31kW, 380V, 2ø, 50Hz)	4.30	4.52	1.508	1.508	1.508
10	10.495	32.498	LO Transfer Pump	(5.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	5.50	5.739	1.929	1.929	1.929
11	2.499	8.946	LO Separator	(1.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	1.50	1.579	0.523	0.523	0.523
12	10.495	32.498	LO Separator	(5.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	5.50	5.739	1.929	1.929	1.929
13	31.935	95.96	LO P.V. Heater	(16.1kW, 440V, 2ø, 50Hz)	16.0	16.942	5.544	5.544	5.544
14	29.987	89.961	SW Cooling Pump	(15.1kW, 380V, 2ø, 50Hz)	15.0	15.739	5.252	5.252	5.252
15	29.987	89.961	SW Cooling Pump	(15.1kW, 380V, 2ø, 50Hz)	15.0	15.739	5.252	5.252	5.252
16	92.959	283.88	HT P.V. Heating	(47.1kW, 440V, 2ø, 50Hz)	47.0	49.474	16.491	16.491	16.491
17	1.499	4.498	HT P.V. Heating	(0.75kW, 380V, 2ø, 50Hz)	0.75	0.799	0.262	0.262	0.262
18	14.994	44.98	HT P.V. Heating	(7.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	7.5	7.995	2.636	2.636	2.636
19	10.495	32.498	HT Standby Pump	(5.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	5.5	5.739	1.929	1.929	1.929
20	1.499	4.498	CO Transfer Pump	(0.75kW, 380V, 2ø, 50Hz)	0.75	0.799	0.262	0.262	0.262
21	3.299	10.946	Air Compressor 1	(1.71kW, 380V, 2ø, 50Hz)	1.7	1.799	0.595	0.595	0.595
22	3.299	10.946	Air Compressor 2	(1.71kW, 380V, 2ø, 50Hz)	1.7	1.799	0.595	0.595	0.595
23	9.996	29.987	Oil/Water Separator	(5.1kW, 380V, 2ø, 50Hz)	5.00	5.252	1.754	1.754	1.754
24	0.746	2.249	Oil/Water Pump	(0.37kW, 220V, 1ø, 50Hz)	0.37	0.399	0.13	0.13	0.13
25	42.994	131.94	Ballast Pump	(22.1kW, 380V, 2ø, 50Hz)	22.00	23.458	7.793	7.793	7.793
26	14.994	44.98	Ballast Pump	(7.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	7.50	7.995	2.636	2.636	2.636
27	29.987	89.96	Fire Pump	(15.1kW, 380V, 2ø, 50Hz)	15.00	15.739	5.252	5.252	5.252
28	99.957	299.58	General Service Pump	(50.0kW, 440V, 2ø, 50Hz)	50.00	52.522	17.544	17.544	17.544
29	10.495	32.498	Exhaust Room Supply Fan	(5.51kW, 380V, 2ø, 50Hz)	5.5	5.739	1.929	1.929	1.929
30	1.499	4.498	Exhaust Room Exhaust Fan	(0.75kW, 380V, 2ø, 50Hz)	0.75	0.799	0.262	0.262	0.262
31	4.996	14.994	Exhaust Room Exhaust Fan	(2.41kW, 380V, 2ø, 50Hz)	2.4	2.525	0.842	0.842	0.842
32	4.996	14.994	Exhaust Room Exhaust Fan	(2.41kW, 380V, 2ø, 50Hz)	2.4	2.525	0.842	0.842	0.842
33	4.996	14.994	Exhaust Room Exhaust Fan	(2.41kW, 380V, 2ø, 50Hz)	2.4	2.525	0.842	0.842	0.842
34									
35									
Total Power				399.72	420.8	140.12	140.12	140.12	140.49

Gambar 27. Data Wiring JP ER Pada Excel



Gambar 28. Single Line Keseluruhan



Gambar 29. General Arrangement MV. Ark

## BIOGRAFI PENULIS



Nabil Putra Hisyam, lahir di Jakarta pada tanggal 1 Agustus 1995. Ia merupakan anak dari keluarga Bapak Muhammad Isa Ansyari dan Ibu Novita Marina. Riwayat pendidikan yang telah ditempuh adalah SDN Rawa Barat 07 Jakarta, SMP Negeri 115 Jakarta, SMA Negeri 68 Jakarta, dan jenjang S1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama menempuh jenjang kuliah, penulis aktif dalam bidang akademik maupun non-akademik. Pada tahun 2014 Penulis aktif dalam bidang hubungan luar HIMASISKAL FTK-ITS dan BEM FTK-ITS, serta kegiatan kepanitian lainnya. Pada tahun 2015 berkat keaktifannya dalam BEM FTK-ITS, penulis diamanahkan menjadi ketua divisi hubungan luar BEM FTK-ITS di bidang kerjasama birokrasi dan alumni. Selain itu Penulis juga aktif di bidang akademik sebagai *Grader* pada lab *Marine Electrical and Automatical System* (MEAS) Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS. Dengan semangat yang tinggi Penulis mampu menyelesaikan skripsi sebagai sarjana teknik dalam bidang keahlian *Marine Electrical and Automatical System*, Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS dengan judul skripsi “Perancangan Koordinasi Proteksi Pada Sistem Kelistrikan Di Perencanaan Kapal *Cement Carrier*”.